



⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 44 05 472 A 1**

⑤ Int. Cl.⁶:
F 15 B 11/02
F 15 B 11/16
F 04 B 1/08
F 04 B 49/00
F 16 H 61/40

⑲ Aktenzeichen: P 44 05 472.6
⑳ Anmeldetag: 21. 2. 94
㉑ Offenlegungstag: 17. 8. 95

DE 44 05 472 A 1

③① Innere Priorität: ③② ③③ ③①
11.02.94 DE 44 04 417.8

⑦① Anmelder:
Caterpillar Inc., Peoria, Ill., US

⑦④ Vertreter:
Wagner, K., Dipl.-Ing.; Geyer, U., Dipl.-Phys.
Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 80538 München

⑦② Erfinder:
Richtsfield, Victor (NMI), 84048 Mainburg, DE

⑤④ **Hydraulische Steuerung**

⑤⑦ Hydraulische Steuerung, insbesondere für einen Bagger mit mehreren hydraulischen Verbrauchern, wie beispielsweise Fahrwerk, Drehwerk, Ausleger, Stiel und Löffel, wobei neben einer Arbeitspumpe im offenen Kreis für Fahr- und Baggerbetrieb eine davon unabhängige Drehwerkspumpe im geschlossenen Kreis für den Drehwerksantrieb vorgesehen ist. Ferner ist eine lastdruckunabhängige Steuerung mit lastdruckunabhängiger Mengenregelung, sowie Druckabschneidung bei Erreichen des maximalen Betriebsdrucks vorgesehen. Die Hydrauliksteuerung ermöglicht ein einstellbares, konstantes Bremsmoment beim Auslauf aus Überwagenbewegung und im Stillstand maximales Haltemoment aus Betriebsdruck.

DE 44 05 472 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 06. 95 508 033/380

25/33

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf eine hydraulische Steuerung und insbesondere auf eine hydraulische Steuerung für einen Bagger.

Hydraulische Steuerungen beispielsweise für Bagger sind in zahlreichen Ausgestaltungen bekannt. Als Beispiele seien die US-Patente 4,210,061 und 4,481,770 genannt.

Obwohl diese Steuerungen im allgemeinen zufriedenstellend arbeiten, treten doch in einigen Bereiche Probleme auf.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Probleme des Standes der Technik zu überwinden und eine optimierte hydraulische Steuerung, insbesondere für den Baggerbetrieb, vorzusehen.

Zur Lösung dieser Aufgabe sieht die Erfindung die in den unabhängigen Ansprüchen genannten Maßnahmen vor. Bevorzugte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Insbesondere sieht die hydraulische Steuerung gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung neben einer vorzugsweise als LS-Pumpe ausgebildeten Arbeitspumpe eine davon unabhängige Drehwerkspumpe vor. Die Arbeitspumpe oder LS-Pumpe ist vorzugsweise eine Axialkolbenpumpe in Schrägscheibenbauart im offenen Kreis. Sie wird vorzugsweise für den Fahr- und Baggerbetrieb eingesetzt. Die Drehwerkspumpe ist vorzugsweise eine Axialkolben-Regelpumpe in Schrägscheibenbauart im geschlossenen Kreis.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung ist zur optimalen Ausnutzung der Dieselmotorleistung durch beide Pumpensysteme (Arbeits- und Drehwerkspumpe) über den gesamten Drehzahlbereich eine elektronische Grenzlastregelung vorgesehen. Diese Elektronik beinhaltet außerdem die Modes oder Betriebsarten (Fahren, Standard, Economy), eine Kontrolle der Hydrauliköltemperaturen (Reduzierung der Leistung bei zu kaltem oder zu heißem Hydrauliköl), die Leerlaufautomatik und die Fahrpedalverriegelung (Tempomat). Eine Anschlußmöglichkeit für ein Zentraldiagnosesystem ist vorhanden. Ferner ist eine mechanische Einrichtung für Notbetrieb vorgesehen.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung weist die hydraulische Steuerung ein Ventilsteuerungssystem die lastunabhängige Steuerung mit gleichzeitiger lastunabhängiger Mengenverteilung auf. Dadurch sind sämtliche Bewegungen jeglicher Verbraucher überlagerbar. Ferner ist eine Abstimmung der Ventilcharakteristik auf jeden Verbraucher möglich. Die Ventilsektionen werden hydraulisch vorgesteuert.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird bei Erreichen des maximalen Betriebsdruckes die jeweilige Hydraulikpumpe zurückgestellt, d. h. die Schrägscheibe wird zurückgeschwenkt, wodurch Verlustleistung verhindert wird, und zwar bei gleichzeitigem Halten des Druckes. Diese Funktion wird Druckabschneidung genannt.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird Verlustleistung durch eine Bedarfsstromregelung verhindert. Dabei wird ohne eine eingesteuerte Arbeitsbewegung, d. h. ohne Betätigung von Bedieneinrichtungen, die jeweilige Hydraulikpumpe auf annähernd Nullförderung zurückgestellt. Dabei ergibt sich ferner eine Erleichterung beim Starten des Dieselmotors, besonders in der Winterzeit.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine lastunabhängige Steuerung vorgesehen.

Dabei bleibt der vom Bedienungsmann vorzunehmende Betätigungsweg an den Bedieneinrichtungen auch bei unterschiedlichen Lastdrücken gleich. Durch zusätzliche lastunabhängige Mengenverteilung werden die Geschwindigkeitsproportionen bei mehreren gleichzeitigen Bewegungen unabhängig vom Lastdruck beibehalten.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung liefert die Drehwerkspumpe zusammen mit der dazugehörigen Steuerung ein einstellbares, konstantes Bremsmoment beim Auslauf aus Oberwagenbewegung, sowie ein maximales Haltemoment aus dem Betriebsdruck im Stillstand. Dadurch läuft der Oberwagen sanft aus einer Drehung aus, ohne daß beispielsweise durch ruckartiges Abbremsen der Oberwagenbewegung Ladung aus dem Löffel des Baggers verloren wird. Bei Belastung im Stillstand jedoch, beispielsweise an einer Schrägen, wird der Oberwagen mit einem maximalen Haltemoment aus dem Betriebsdruck in seiner Lage gehalten.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird der erforderliche Steuerdruck bzw. das Steuerströmungsmittel für die Vorsteuereinheit von einer getrennten Bremspumpe geliefert und über einen Stromteiler abgezweigt.

Weitere Vorteile und Ziele der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nun folgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele anhand der Zeichnung.

Fig. 1 zeigt schematisch einen hydraulischen Schaltplan für eine Baggersteuerung gemäß der Erfindung.

Fig. 2 ist ein hydraulischer Schaltplan für eine Baggersteuerung in Ausführung der vorliegenden Erfindung.

Fig. 3 ist ein Ausschnitt aus Fig. 2 und zeigt den Antriebsmotor sowie die Arbeitspumpeneinheit und die Drehwerkspumpeneinheit.

Fig. 4 ist ein Ausschnitt aus Fig. 2 und zeigt den Drehwerksantrieb.

Fig. 5a und 5b sind Ausschnitte aus Fig. 2 und zeigen die Ventilsteuereinheit. Fig. 5b setzt die Fig. 5a auf der rechten Seite fort.

Fig. 6 ist ein Ausschnitt aus Fig. 2 und zeigt eine Ventilanordnung zum Abzweigen des von der Bremsanordnung kommenden Druckströmungsmittels für die hydraulische Bedienelemente-Vorsteuereinheit.

Fig. 7a und 7b sind Ausschnitte aus Fig. 2 und zeigen die hydraulische Vorsteuereinheit. Fig. 7b setzt die Fig. 7a auf der rechten Seite fort.

Fig. 8 ist ein hydraulischer Schaltplan einer alternativen Drehwerksteuerung etwa entsprechend Fig. 3.

Fig. 9 bis 11 sind Diagramme, die Kennlinien der Drehwerksteuerung darstellen.

Fig. 12 ist ein weiterer Hydraulikschaltplan für eine alternative Drehwerksteuerung.

Fig. 13 zeigt ein Kennfeld der Drehwerksteuerung im p-Q-Diagramm ähnlich wie Fig. 9.

Fig. 14 ist ein Diagramm, das die Blockkurve der Pumpensteuerung zeigt.

Fig. 15 zeigt Meßergebnisse beim Leistungsbaggern mit mittlerem Bremsdruck, und zwar den Druck auf den Leitungen A und B sowie die Drehzahl des Drehwerksmotors, jeweils gegen die Zeit.

Fig. 16 zeigt Meßergebnisse beim Leistungsbaggern mit niedrigstem Bremsdruck (Freilauf), und zwar den Hochdruck auf den Leitungen A, B sowie den Steuerdruck Y, jeweils gegen die Zeit.

Fig. 17 zeigt Meßergebnisse beim Leistungsbaggern

mit Kontern (Gegensteuern).

Fig. 18 zeigt Meßergebnisse ähnlich wie Fig. 15, jedoch beim Leistungsbaggern mit Leistungsbegrenzung.

Fig. 19 zeigt Meßergebnisse beim Feinsteuern, beispielsweise beim Positionieren einer Pendellast im Kranbetrieb.

Fig. 20 zeigt Meßergebnisse beim Drehen mit konstanter Geschwindigkeit.

Fig. 21 zeigt Meßergebnisse beim Stehen am Hang, und

Fig. 22 zeigt Meßergebnisse beim Anfahren am Hang.

Wie in Fig. 1 gezeigt ist, treibt ein Antriebsmotor 1, beispielsweise ein Dieselmotor, mehrere Pumpen an. Der Antriebsmotor 1 ist vorzugsweise ein Dieselmotor mit einer Nennleistung von 101 kW bei einer Nenndrehzahl von 2000 min⁻¹.

Eine Pumpe 41 liefert Druck für eine Lenkvorrichtung des Fahrzeugs, die hier nicht dargestellt ist. Eine weitere Pumpe 37 liefert Druck für eine Bremsvorrichtungsteuerung 38. Vorzugsweise besitzen die Pumpen 41 und 37 eine Förderleistung von 19 l/min. bzw. 38 l/min. bei der Nenndrehzahl des Antriebsmotors von 2000 Umdrehungen pro Minute. Die Pumpe 41 für die Lenkung könnte aber ebenfalls ein Fördervolumen von 38 l/min. besitzen.

Der Antriebsmotor 1 treibt ferner eine Arbeitspumpe, vorzugsweise eine LS-Pumpe (Load-Sensing-Pumpe), in der Arbeitspumpeneinheit 3 sowie eine Drehwerkspumpe in der Drehwerkspumpeneinheit 4 an.

Die Arbeitspumpe oder LS-Pumpe ist vorzugsweise eine Axialkolbenpumpe in Schrägscheibenbauart im offenen Kreis für Fahr- und Baggerbetrieb. Die Arbeitspumpe ist differenzdruckgeregelt, ihr maximaler Betriebsdruck ist vorzugsweise 320 bar, ihre maximale Fördermenge vorzugsweise 260 l/min. Die Pumpenleistung kann betriebsart- oder mode-abhängig sein und je nach Einstellung 52, 72 oder 101 kW betragen.

Ein Load-Sensing-System der Arbeitspumpe und des Fahrwerks bzw. der Werkzeuge weist das Merkmal der lastdruckunabhängigen Durchflußverteilung auf. Die lastdruckunabhängige Durchflußverteilung ist eine besondere Art der Load-Sensing-Steuerung. Sie ermöglicht eine vom momentanen Belastungszustand unabhängige, feinfühligke Steuerung der Verbraucherbewegungen.

Die vom höchsten Lastdruck (LS-Signal) angesteuerte Verstellpumpe stellt nur das Fördervolumen zur Verfügung, das über eine Meßblende des Steuerblocks angefordert wird. Übersteigt der angeforderte Volumenstrom die maximale Pumpenfördermenge (z. B. beim Betätigen mehrerer Verbraucher), so wird der Pumpenvolumenstrom lastdruck-unabhängig und proportional über die Meßblendenquerschnitte den Verbrauchern zugeteilt.

Sind alle Verbraucher in Neutralstellung, fördert die Pumpe im Stand-By-Druck (ca. 20 bar) lediglich den Leckagestrom. Die LS-Leitung ist über einen 2-Wege-Stromregler zum Tank entlastet ($Q_{\max} = 0,5$ l/min.). Die Druckwaagen stehen über ihre Haltefeder in Schließstellung und sind ebenfalls tankentlastet. Die Pumpe ist von den Verbrauchern getrennt. Unnötige Umlauf- und Drosselverluste werden vermieden.

Wird ein Verbraucher, beispielsweise der lasthöchste Verbraucher, betätigt, fließt der Ölstrom von der Pumpe über die Meßblende, die nachgeschaltete Druckwaage und das Lasthalteventil zum Verbraucher. Für die LS-Meldung zum Differenzdruckregler der Pumpe wird der

Druck vom Lasthalteventil verwendet. Durch diese Maßnahme wird ein Rückfallen der Last (durch Volumenentnahme aus der Verbraucherleitung) in die LS-Leitung bei feinfühligkeiten Bewegungen verhindert. Bei Erreichen des Lastdruckes öffnet das Lasthalteventil und der Verbraucher bewegt sich in die gewählte Richtung mit der durch die Meßblende vorgegebenen Geschwindigkeit.

Wenn mehrere Verbraucher mit niedrigem Druckniveau in Parallelbetrieb betätigt werden, wird das höchste LS-Signal auf den Differenzdruckregler und auf alle Sektionsdruckwaagen gemeldet. Die Anordnung der Druckwaagen zwischen Meßblende und Verbraucher gewährleistet gleichen Differenzdruck (Δp_2) über alle Kolbenmeßblenden. Der Differenzdruck (Δp_3) zwischen den lasthöchsten und lastniedrigsten Verbrauchern wird an der Steuerrante der Druckwaage abgegelt.

Bei Parallelbetrieb mit Untersättigung, d. h. wenn über die Kolbenmeßblenden ein größerer Volumenstrom Q angefordert als die Pumpe zur Verfügung stellen kann, reduziert sich das Regel- Δp_2 (Untersättigung) und der Differenzdruckregler geht in die Neutralstellung. Die LS-Regelfunktion der Pumpe ist außer Kraft. Die Pumpe wird nur noch durch den Leistungsregler entsprechend der Leistungsvorgabe eingestellt. Die lastdruckunabhängige Durchflußverteilung wird bis zu einem minimalen Δp von ca. 3 bar aufrechterhalten.

Fährt ein Verbraucher auf Anschlag, d. h. in die Endlage, spricht das LS-Druckbegrenzungsventil an und erfüllt eine Druckabschneidefunktion. Die Pumpe schwenkt auf Minimalschwenkwinkel und hält den Druckabschneidungswert konstant. Dabei wird nur das Lecköl des Systems und der LS-Ausspeisestrom von ca. 0,5 l/min. sowie der Druckabschneidungsventilstrom bei 20 bar aufgebracht.

Sind zusätzlich ein oder mehrere Verbraucher in Funktion, schwenkt die Pumpe aus. Das hierzu erforderliche Δp wird durch den über das Druckabschneidungsventil fließenden Volumenstrom erzeugt. Der restliche zur Verfügung stehende Volumenstrom Q_R , der am Regler der Leistungsvorgabe erreicht wird, kann lastdruckunabhängig und proportional im Verhältnis der Meßblendenöffnungen verteilt werden.

Somit ergibt sich die folgende Beziehung:

$$P_{\text{verlust}} = (P_{\text{Bmax}} - p_{v2}) \times Q_2 + (P_{\text{Bmax}} - p_{v3}) \times Q_3$$

Die Drehwerkspumpe der Drehwerkspumpeneinheit 4 ist vorzugsweise eine Axialkolben-Regelpumpe in Schrägscheibenbauart im geschlossenen Kreis für den Drehwerksantrieb 18. Der maximale Betriebsdruck ist vorzugsweise 315 bar, die maximale Fördermenge ist vorzugsweise 112 l/min. Die Drehwerkspumpeneinheit 4 weist eine integrierte Mengen- und Momentensteuerung zusammen mit zusätzlicher Einflußnahme auf Leistungsbegrenzung durch Modeschaltung auf. Dadurch ergibt sich optimale Bedienungsqualität. Die Drehwerkspumpeneinheit 4 mit dem Drehwerksantrieb 18 liefert erfindungsgemäß ein einstellbares, konstantes Bremsmoment beim Auslauf aus Oberwagenbewegung, sowie ein maximales Haltemoment aus dem Betriebsdruck im Stillstand.

Die Arbeitspumpeneinheit 3 liefert Druckströmungsmittel an eine Ventilsteuereinheit 50 (vgl. weiterhin insbesondere Fig. 1), die das Druckströmungsmittel an die verschiedenen Verbraucher (schematisch bei 70 gezeigt) liefert. Die Ventilsteuereinheit 50 wird von einer

Vorsteuereinheit 60 angesteuert. Der Betriebsdruck für die hydraulische Vorsteuereinheit 60 wird in einer Ventileinheit oder Steuerölversorgung 25 von einer von der Bremsanordnung 38 kommenden Leitung abgezweigt. Eine Steuerleitung verläuft auch von der Vorsteuereinheit 60 zu der Drehwerkspumpeneinheit 4 zur Steuerung davon.

Fig. 2 zeigt die hydraulische Steuerung der Fig. 1 im einzelnen. Da hier die gesamte Hydraulik z. B. eines Baggers dargestellt ist, wird nicht im einzelnen auf alle dargestellten Teile Bezug genommen. Die jeweiligen Bauteile und Verbindungen sind für den Fachmann ohne weiteres im einzelnen aus der Zeichnung zu entnehmen.

Die in Fig. 1 mit 70 bezeichneten Verbraucher sind beispielsweise in Fig. 2 folgendermaßen bezeichnet: Ausleger 12, Stiel 13, Löffel 14, hydraulisch verstellbarer Ausleger (VAH/HAB) 15, Hammer 16, Zusatzfunktion (Aux) 17, Fahrwerk 19, Unterwagenabstützung 21 und Planierschild 22. Andere und weitere Funktionen sind möglich.

Die besonders interessierenden Bereiche des in Fig. 2 dargestellten Hydraulikplans sind in größerer Einzelheit in den Fig. 3 bis 7 gezeigt.

Fig. 3 zeigt den Dieselmotor 1 und die davon angetriebene Arbeitspumpe oder LS-Pumpe 3a in der Arbeitspumpeneinheit 3. Ferner ist in der Arbeitspumpeneinheit 3 eine Load-Sensing-Steuerung gezeigt, u. a. unter Verwendung von zwei 3/2-Proportional-Wegeventilen.

Ebenfalls gezeigt ist die Drehwerkspumpeneinheit 4, die auch die Steuerhydraulik für das Drehwerk 18 (Fig. 2 und 4) umfaßt. Die nunmehr mit 400 bezeichnete Drehwerkspumpe besitzt Arbeitsanschlüsse A und B, die in Closed-Loop-Technik, d. h. in einem geschlossenen Kreis, mit dem Drehwerksmotor 18a (Fig. 4) verbunden sind.

Es folgt eine Funktionsbeschreibung der Drehwerkssteuerung für geschlossenen Kreislauf.

Die Steuerung ermöglicht die verlustfreie Ausnutzung des Antriebssystems sowohl für Beschleunigungs- als auch für Bremsvorgänge. In Abhängigkeit von dem vorgewählten Steuerdruck (Y1, Y2) ergeben sich die Förderrichtung der Pumpe und die P-Q-Kennlinie der Steuerung und damit die Größe und Richtung von Drehmoment und Drehzahl des Hydromotors (Konstantmotor 18a, vgl. Fig. 4). Die Änderung des Steuerdrucks erfolgt stufenlos (vgl. Fig. 9–11).

Die Richtung und die Größe des Volumenstroms der Pumpe ist abhängig vom Steuerdruck (Y1, Y2) und vom Pumpendruck (p). Steigender Steuerdruck erhöht die Pumpenmenge, steigender Pumpendruck reduziert die Pumpenmenge. Im Blockzustand ($V_g = 0$) ist die Pumpendruck proportional zum Steuerdruck.

Der Maximaldruck der Pumpe 300 bzw. das Maximalmoment am Hydromotor 18a wird an der Druckabschneidung der Pumpe eingestellt. Die Druckbegrenzungsventile der Pumpe werden 20–30 bar höher als dieser Wert eingestellt.

Durch Begrenzung des maximalen Steuerdrucks (Y1, Y2) am Leistungsventil wird die höchste p-Q-Kennlinie und damit die angenähert maximale Leistung eingestellt. Durch stufenlose Änderung für das Leistungsventil oder durch Schaltung von Druckstufen können mehrere Leistungsniveaus angesteuert werden (Leistungsmoden).

Bezüglich des Bremsverhaltens ist einerseits dynamisches Bremsen bei Neutralstellung des Steuerhebels bzw. dynamisches Bremsen durch Kontern oder Gegen-

steuern des Steuerhebels und andererseits ein statisches hydraulisches Haltemoment bei Neutralstellung des Steuerhebels vorgesehen.

Bei Steuerdruck $Y1 = Y2 = 0$ erfolgt über den Pumpendruck geregelte Rückschwenkung der Pumpe durch das Bremsventil. Der gewünschte Bremsdruck kann am Bremsventil stufenlos bis zum Maximalwert, der durch Einstellung der Druckabschneidung erhalten wird, eingestellt werden. Vorzugsweise ist der Bremsdruck zwischen ca. 80 bar und ca. 200 bar bei einem Maximaldruck von 315 bar. Beim dynamischen Bremsen durch Kontern des Steuerhebels ist der Bremsdruck ab dem oben genannten Bremsdruck bis zum Maximaldruck proportional zu der Steuerhebelstellung, d. h. zum Steuerdruck.

Beispielsweise bei Schräglage des Baggers kann der sich daraus ergebende hydraulische Stützdruck die Pumpe nicht aus der Nulllage aussteuern. Bis zum Maximaldruckwert, der durch Druckbegrenzungsventile bestimmt wird, kann sich der Hydromotor 18a hydraulisch an der Pumpe 300 abstützen.

Zur Steuerung der Drehwerkspumpe 400 wird durch die Vorsteuereinheit 60 an den mit Y1 (①) und Y2 (②) bezeichneten Steuereingängen Druck angelegt. Je nachdem, an welchem der Anschlüsse Y1, Y2 der Druck größer ist, schaltet ein über Leitungen 403, 405 dazwischen angeordnetes Wechselventil 402 und leitet den höheren Druck an eine Drossel 404 weiter. Auch von den Steuereingängen Y1, Y2 her läuft das Strömungsmittel über Leitungen 403, 405 zu Drosseln 406, 408, nach denen wiederum ein Wechselventil 410 zwischen den Steuerleitungen angeordnet ist. Das Wechselventil 410 dient zur Leistungsbegrenzung und besitzt zwei Abströme, von denen einer über den Anschluß Y3 zu einem Druckbegrenzungsventil zur Leistungsbegrenzung (in Fig. 3 nicht gezeigt) geführt ist, und wobei der andere Abstrom zu einem später noch zu beschreibenden Bremsventil 412 führt.

Von den Drosseln 406, 408 gehen Leitungen 407 und 409 zu einem federzentrierten 4/3-Proportional-Wegeventil 414 zu dessen Verstellung. Ebenfalls zur Verstellung des Ventils 414 sind Steuerleitungen 416 bzw. 418 von den Arbeitsleitungen oder Anschlüssen A bzw. B über Anschlüsse MA bzw. MB als Hochdruck-Rückführung zum Ventil 414 geführt. Das Wegeventil 414 steuert die Verstellung der Schrägscheibe der Drehwerkspumpe 400 über einen Verstellzylinder 420, von dem eine mechanische Rückführung 422 zurück zu dem Wegeventil 414 verläuft.

Zwischen den Arbeitsleitungen A und B sind zwei Hochdruck-Einspeiseventile 424 und 426 zur Hochdruckabsicherung (vorzugsweise 380 bar) vorgesehen. Diese Ventile 424 und 426 sind spiegelbildlich angeordnet und bestehen jeweils aus einem Rückschlagventil und einem dazu parallel geschalteten, direkt wirkenden Druckbegrenzungsventil.

Eine weitere Pumpe 401, die auch vom Antriebsmotor 1 angetrieben wird und in der Drehwerkspumpeneinheit 4 angeordnet ist, dient zum Ausgleich von Leckage im (geschlossenen) Hydraulikkreis des Drehwerks 18. Die Pumpe 401 pumpt Hydrauliköl über einen vorzugsweise externen Filter 5 (Anschlüsse Fe und Fa), zu dem ein Druckbegrenzungsventil 430 parallel geschaltet ist. Nach dem Filter 5 wird das Strömungsmittel zu einem Speisedruckbegrenzungsventil 432 geführt, das vorzugsweise auf 25 bar eingestellt ist. Der Ausgleich von Leckage erfolgt einerseits in die Hochdruck-Arbeitsleitungen A, B durch Einspeisung zwischen den beiden

Hochdruck-Einspeiseventilen 424, 246 und andererseits über eine Drossel 428 zu einem Anschluß des 4/3-Wegeventils 414, der auch mit der Drossel 404 verbunden ist.

Von der Drossel 404 ist ebenfalls eine Leitung 411 zu einer Druckabschneidungsanordnung 434 geführt. Die Druckabschneidungsanordnung 434 erfüllt die oben beschriebene Funktion der Druckabschneidung, und zwar vorzugsweise bei einem Maximaldruck von 320 bar. Die Druckabschneidungsanordnung 434 besteht aus einem Wechselventil 436 mit zwei Abströmen, von denen einer ein einstellbares, federvorgespanntes Druckbegrenzungsventil 438 steuert. Der andere Abstrom des Wechselventils 436 ist zu dem Bremsventil 412 geführt. Die Abströme der Wechselventile 410 und 436 wirken gegeneinander auf das als Druckbegrenzungsventil ausgebildete Bremsventil 412. Das Bremsventil 412 ist in beide Verstellrichtungen einstellbar federvorgespannt. Die zu steuernde Leitung 413 des Bremsventils 412 ist von dem Pumpenverstellzylinder 420 über das 4/3-Wegeventil 414 zum Bremsventil 412 geführt. Die Niederdruckseite des Bremsventils 412 ist zum Tank geführt.

Fig. 4 zeigt den Drehwerksantrieb 18. Der Drehwerksmotor 18a ist vorzugsweise ein hydraulischer Axialkolbenmotor in Schrägscheibenbauart mit einem nachgeschalteten Planetengetriebe. Ferner ist eine Naßscheibenbremse 18b als Park- oder Feststellbremse vorgesehen. Die Bremse ist federangelegt und kann durch Unterdrucksetzen der Leitung Z gelöst werden. Es sei bemerkt, daß das obengenannte maximale Haltemoment im Stillstand nicht durch diese Bremse erzeugt wird, sondern durch hydraulische Steuerung mittels des Bremsventils 412 (Fig. 3). Die Bremse 18b dient zur Arretierung des Oberwagens, wenn der Bagger nicht in Betrieb ist, nicht bei kurzfristigem Stillstand des Oberwagens.

Die mit A und B gekennzeichneten Anschlüsse sind mit den Arbeitsanschlüssen der Drehwerkspumpe 400 (Fig. 3) verbunden, um einen geschlossenen Kreis zu bilden.

Fig. 5a und 5b zeigen die Ventilsteuereinheit 50 in größerer Einzelheit. Vorzugsweise ist ein 5-fach-Monoblock 6 von LS-Ventilen mit Druckabschneidung vorgesehen. Beliebige Erweiterungsplatten können hinzugefügt werden, wie beispielsweise die LS-Erweiterungsplatte 7 für einen hydraulisch verstellbaren Ausleger oder die LS-Erweiterungsplatte 8 für einen Hammer. Die LS-Ventile oder Load-Sensing-Ventile 600 sind 6/3-Proportional-Wegeventile mit hydraulischer Steuerung. Das von den jeweiligen Bedienelementen der Vorsteuereinheit 60 herkommende Steuerströmungsmittel wirkt jeweils über ein Drosselrückschlagventil 601 auf das 6/3-Wegeventil, das federzentriert ist. Das von dem 6/3-Wegeventil durchgelassene Druckströmungsmittel wird jeweils über ein 3/3-Proportional-Wegeventil 602 und dann weiter über Rückschlagventile 603 und wieder durch das 6/3-Wegeventil 600 zu dem jeweiligen Verbraucher geleitet. Ferner ist in Fig. 5a bei 604 eine Druckabschneidung vorgesehen, die mittels zweier Druckbegrenzungsventile und eines Drosselventils ausgeführt ist und für die gesamte Ventilsteuereinheit wirkt.

Ferner sind vorzugsweise für den Stiel und/oder den hydraulisch verstellbaren Ausleger Absinksperrventile 9 bzw. 10 vorgesehen.

In Fig. 6 ist die Steuerölversorgung dargestellt mit einem Mengenteiler 25a für die Vorsteuerung und Proportionalventilen für Grenzlastregelung.

Vom Anschluß N der Bremsventilanordnung 38

(Fig. 2) wird Druckströmungsmittel zum Anschluß P der Steuerölversorgung 25 (Fig. 7) geleitet. Das in dem Mengenteiler 250 in einer Menge von vorzugsweise 15 l/min abgezweigte Druckströmungsmittel wird an einem einstellbaren Druckbegrenzungsventil 251 (vorzugsweise 30 + 2 bar) vorbei und durch einen Filter 252 sowie durch ein Rückschlagventil 253 geleitet, um dann durch ein elektrisch betätigtes bzw. federvorgespanntes 3/2-Wegeventil 255 zum Anschluß A1 und schließlich zu der Vorsteuereinheit 60 (Fig. 2) geführt zu werden. Das Druckströmungsmittel hierfür stammt von der Bremspumpe 37 (Fig. 2), die bei der Nenndrehzahl des Antriebsmotors von 2000 min⁻¹ eine Förderleistung von 38 l/min besitzt. Da nur 15 l/min für die Vorsteuereinheit 60 benötigt werden, ist eine ausreichende Versorgung selbst bei Leerlaufdrehzahl des Motors gesichert.

Die Fig. 7a und 7b zeigen die Vorsteuereinheit 60 in Einzelheiten. Die Vorsteuer- oder Bedienelemente sind hier das rechte und das linke Vorsteuergerät (Joystick) 27 bzw. 28, das Fahrpedal 29, das Auslegerverstellpedal (VA-Pedal) 30, das Vorsteuergerät 31 für den Hammer und das Vorsteuergerät 32 für das Planierschild und/oder die Abstützung.

Die Bedienhebel oder -pedale wirken jeweils gegenläufig auf zwei Proportionalventile, die in Neutralstellung des Bedienhebels bzw. der Pedale geschlossen sind und entsprechend deren Auslenkung geöffnet werden, um den jeweils am Anschluß P anliegenden Druck proportional an den jeweiligen Auslaß anzulegen.

Fig. 8 ist eine ähnliche Darstellung wie Fig. 3, wobei in Fig. 8 der Dieselmotor 1 jedoch nicht dargestellt ist. Anders als in Fig. 3 ist auch am Druckanschluß B der Arbeitspumpeneinheit 3 eine Meßblende vorgesehen. Ferner ist gezeigt, daß die Steuerleitung am Steuerausgang Y3 der Drehwerkspumpeneinheit 4 zu einem Druckbegrenzungsventil zur Leistungsbegrenzung geführt ist.

Fig. 8 entspricht ansonsten im wesentlichen der Fig. 3 weshalb auf genauere Beschreibung hier verzichtet wird und auf die obige Beschreibung der Fig. 3 verwiesen wird.

Fig. 9 bis 11 zeigen Diagramme, die p-Q-Kennlinien in Abhängigkeit vom Steuerdruck darstellen.

Für eine Drehwerksteuerung ergeben sich folgende wesentliche Betriebszustände:

- Leistungsbaggern (hohe Umschlagleistung)
- Beschleunigen (Großsignalbereich, Kleinsignalbereich)
- Bremsen (Großsignalbereich, Kleinsignalbereich)
- Kontern (Gegensteuern über den Handsteuergeber)
- Feinsteuern (Kranbetrieb, Positionieren, Grabenziehen)
- Drehen mit konstanter Geschwindigkeit
- Stehen und Anfahren am Hang.

Aus diesen Betriebszuständen ergeben sich die Forderungen an ein Baggerdrehwerk. Beim Umschlagen eines Schüttgutes oder beim Beladen eines LKW soll möglichst viel Masse in einer bestimmten Zeiteinheit umgeschlagen werden, d.h. es soll eine große Umschlagleistung erzielt werden. Dieser Betriebszustand wird im weiteren als Leistungsbaggern bezeichnet. Der Ablauf beim Leistungsbaggern ist folgendermaßen: Über den Handsteuergeber wird zunächst maximal beschleunigt bis das Drehwerk die maximale Drehge-

schwindigkeit erreicht hat. Danach wird der Handsteu-
erger losgelassen und das Drehwerk soll hydraulisch,
automatisch möglichst verlustfrei aber definiert ge-
bremst werden, damit kein verschleißbehaftete mecha-
nische Bremse benötigt wird. Für das Leistungsbaggern
muß das Drehwerk somit stark beschleunigt, definiert,
gebremst und gekontert werden können.

Für Rohrverlegearbeiten oder beim Grabenziehen
muß das Drehwerk feinsteuern sein. Feinsteuern be-
deutet, daß eine Position exakt und ruckfrei angefahren
werden kann. Für manche Aufgaben ist wünschenswert,
daß das Drehwerk mit einer konstanten Geschwindig-
keit dreht, die kleiner als die Maximaldrehzahl ist.

Da Bagger auf Baustellen arbeiten, die häufig starke
Bodenneigungen aufweisen, ist wesentlich, daß das
Drehwerk auch am Hang in jeder beliebigen Position
stehen und aus dem Stillstand ruckfrei anfahren kann.

Die Forderungen, die beim Leistungsbaggern gestellt
werden, sind teilweise gegenläufig zu den Forderungen,
die beim Feinsteuern an eine Steuerung gestellt werden.
Das hat zur Folge, daß sich Steuerungs- und Schaltungs-
konzepte für das eine oder das andere besser eignen,
oder daß die Anforderungen, die an ein Steuerungskon-
zept gestellt werden, das alle Forderungen erfüllt, sehr
hoch sind.

Eine Drosselsteuerung bietet aufgrund der Volumen-
stromsteuerung Vorteile bei der Feinststeuerung. Sie hat
jedoch beim Leistungsbaggern aufgrund der großen
Volumenströme beim Beschleunigen prinzipbedingt
große Druckverluste in den Ventilen, die zu Energiever-
lusten und geringerer Umschlagsleistung führen. Beim
Bremsen und Kontern fließen große Volumenströme
über die Druckbegrenzungsventile und produzieren
große Wärmemengen, die abgeführt werden müssen.

Eine Momentensteuerung bietet Vorteile beim Lei-
stungsbaggern, da verlustfrei mit maximalem Moment
beschleunigt und verlustfrei mit definiertem Moment
gebremst werden kann. Sie hat jedoch Nachteile beim
Feinsteuern, da über den Handsteuergewer das Dreh-
moment und nicht die Drehgeschwindigkeit gesteuert
wird. Es muß beim definiertem Übergang zwischen Be-
schleunigen und Bremsen die Nullstellung des Hand-
steuergewers durchfahren werden, was zum einen große
Wege am Handsteuergewer und zum anderen je nach
Bremsdruckeinstellung ein Ansprechen des Bremsven-
tils bedeutet.

Drehwerksteuerung

Die neue Drehwerksteuerung DW arbeitet wie die
Momentensteuerung im geschlossenen Kreislauf. Die
spezifischen Merkmale der neuen Drehwerksteuerung
werden anhand des Schaltplans in Fig. 12 erläutert.

Druckabschneidung (1)

Die Pumpe besitzt eine Druckabschneidung, über die
der maximale Beschleunigungs- und Bremsdruck und
somit auch das maximale Beschleunigungs- und Brems-
moment begrenzt werden, ohne daß die Hochdruckven-
tile ansprechen. Dadurch ergibt sich beim Leistungsbag-
gern wie bei der Momentensteuerung ein guter Wir-
kungsgrad und das System heizt sich nicht zusätzlich
auf.

Die Druckabschneidung besteht aus einer Vordrossel
und einem Ventil und arbeitet ähnlich wie ein Druckreg-
ler. Beim Ansprechen der Druckabschneidung öffnet
das Ventil (1), wodurch der Versorgungsdruck des Stell-

systems abgesenkt wird. Dadurch schwenkt die Pumpe
soweit zurück, daß der eingestellte Solldruck gerade
gehalten wird.

Bremsventil (2) für dynamisches Bremsen

Zur Regelung des Bremsdruckes bzw. Bremsmomen-
tes beim Leistungsbaggern besitzt die Steuerung ein
Bremsventil. Der Bremsdruck ist an diesem Ventil zwi-
schen ca. 350 bar und ca. 80 bar einstellbar. (Der mini-
male Bremsdruck ist jedoch von der Drehmasse des
Baggers und der Hydromotorgroße abhängig). Dieses
Bremsventil ist nur in Funktion, wenn der Steuerdruck
null ist, d. h. wenn der Handsteuergewer losgelassen ist.

4/3 Wegeventil (3) mit mechanischer Rückführung des Stellkolbenweges

Für die Feinststeuerung, das Drehen mit konstanter
Drehgeschwindigkeit und das Stehen am Hang ist eine
hydraulisch ansteuerbare Volumenstromregelung ver-
antwortlich, die aus einem 4/3 Wegeventil mit mechani-
scher Lageregelung des Stellkolbenweges besteht.

Hochdruck-Rückführung (4)

Der Volumenstromregelung ist eine Hochdruckrück-
führung überlagert. Durch diese Hochdruck-Rückfüh-
rung kann die Pumpe bei blockiertem Motor den Hoch-
druck feinfühlig aufbauen. Dieser feinfühlig Druckauf-
bau wird benötigt zum weichen Anfahren am Hang und
zur Dosierung des Drehmoments beim Feinsteuern.
Weiterhin kann durch die Hochdruck-Rückführung in
Zusammenhang mit der Volumenstromregelung die von
der Pumpe aufgenommene Leistung begrenzt werden.

Leistungsbegrenzungsventil (5)

Die Steuerung besitzt einen Anschluß Y3, an den ein
Druckbegrenzungsventil (5) angeschlossen werden
kann. Über dieses Druckbegrenzungsventil kann der
Steuerdruck, und damit die von der Drehwerkspumpe
maximal aufgenommene Leistung begrenzt werden.
Wenn hier ein mechanisch einstellbares Druckbegren-
zungsventil verwendet wird, kann über eine Einstell-
schraube die maximal aufgenommene Leistung einge-
stellt werden. Wird ein elektrisch stetig einstellbares
Druckbegrenzungsventil verwendet, kann die aufge-
nommene Drehwerkleistung, über eine Elektronik ge-
steuert, entsprechend dem unterschiedlichen Leistungs-
bedarf verändert werden. Zur Realisierung von Lei-
stungsmodes kann zwischen verschiedenen Druckein-
stellungen, also verschiedenen Leistungseinstellungen
hin- und hergeschaltet werden.

Arbeitsweise der Drehwerksteuerung im p-Q-Diagramm der Pumpe

Welche Betriebszustände mit einer Drehwerksteue-
rung realisiert werden können, kann anschaulich in ei-
nem p-Q-Diagramm (Hochdruck-Volumenstrom-Dia-
gramm), wie in Fig. 13 dargestellt, erläutert werden. Auf
der Abszisse ist der auf den maximalen Volumenstrom
normierte Volumenstrom der Pumpe bei konstanter
Pumpendrehzahl aufgetragen. Auf der Ordinate ist der
Lastdruck an der Pumpe aufgetragen.

Dadurch ergibt sich ein Diagramm mit 4 Quadranten,
in denen die Steuerung arbeitet. Die Quadranten sind (1)

Beschleunigen rechts, (2) Bremsen rechts, (3) Beschleunigen links, (4) Bremsen links.

Durch die Hochdruck- und Stellkolbenwegrückführung ergeben sich bei der neuen Drehwerksteuerung DW, wie im ersten Quadranten dargestellt, beim Beschleunigen mit konstantem Steuerdruck abfallende Geraden. Die Steigung der Geraden ist konstruktiv auf ca. 45 Grad festgelegt.

Wie im zweiten Quadranten dargestellt, ergeben sich für bestimmte Bremsdruckeinstellungen Parallelen zur Abszisse wie bei der Momentensteuerung. Hier sind jedoch höhere Bremsdrücke bis ca. 350 bar möglich. Im dritten Quadranten verhält sich die Steuerung äquivalent zum ersten Quadranten, und im vierten Quadranten äquivalent zum zweiten Quadranten.

Das Leistungsbaggern

Beim Beschleunigen wird die Steuerung über den Handsteueregeber zunächst mit dem maximalen Steuerdruck beaufschlagt.

Die Pumpe schwenkt schnell aus null aus und baut den an der Druckabschneidung eingestellten maximalen Beschleunigungsdruck von 400 bar auf (s. Fig. 13, Punkt a)). Dadurch beschleunigt das Drehwerk mit dem maximalen Drehmoment bis die Pumpe soweit ausgeschwenkt ist, daß die für das Drehwerk maximal zur Verfügung gestellte Leistung erreicht (s. Fig. 13, Punkt b)). Die Steuerung reduziert dann automatisch die Schwenkgeschwindigkeit so, daß der Beschleunigungsdruck entsprechend der Geraden c) (Fig. 13) abnimmt, wodurch die aufgenommene Leistung näherungsweise konstant bleibt.

Zum Bremsen des Drehwerks nach dem Beschleunigungsvorgang gibt es drei Möglichkeiten:

- Bremsen durch langsames Zurücknehmen des Handsteueregebers
- automatisches Bremsen über das Bremsventil durch Loslassen des Handsteueregebers
- Kontern = Gegensteuern über den Handsteueregeber.

Beim Leistungsbaggern wird meist automatisch durch Loslassen des Handsteueregebers gebremst. Die Pumpe bremst dann über das Bremsventil verlustfrei durch gesteuertes Rückschwenken der Pumpe. Beim Bremsvorgang arbeitet die Pumpe im Motorbetrieb und stützt sich auf dem Dieselmotor ab, oder sie treibt die anderen Pumpen an.

Der Bremsdruck kann am Bremsventil zwischen 350 bar und ca. 80 bar eingestellt werden. Ist zum Beispiel ein Bremsdruck wie in Kurve d) (Fig. 13) von 180 bar eingestellt, schwenkt die Pumpe vom momentanen Schwenkwinkel entlang der Geraden d) (Fig. 13) auf null zurück und bremst das Drehwerk mit konstantem Bremsmoment ab.

Der minimale Bremsdruck wird jedoch durch die Drehmasse des Baggers und die Größe des eingesetzten Hydromotors begrenzt und liegt zwischen 50 und ca. 120 bar.

Die Leistungsbegrenzung

Durch die Rückführung der Pumpenauslenkung und des Hochdruckes ergeben sich für einen konstanten Steuerdruck die im ersten und dritten Quadranten dargestellten abfallenden Geraden (s. Fig. 13), die im weite-

ren als Abregelkennlinien bezeichnet werden. Über die konstruktive Auslegung des Ansteuergerätes ist die Steigung dieser Abregelkennlinien auf 45 Grad festgelegt. Dadurch entsprechen diese Abregelkennlinien bei konstanter Pumpendrehzahl näherungsweise einer bestimmten Leistung, die die Pumpe aufnimmt. Somit kann durch Begrenzung des Steuerdruckes die von der Pumpe aufgenommene Leistung begrenzt werden. Über das oben erläuterte Druckbegrenzungsventil kann so die von der Pumpe aufgenommene Leistung auf die durch die Gerade c) angenäherte Leistung begrenzt werden.

Das Feinsteuern und Drehen mit konstanter Geschwindigkeit

Das Feinsteuern, also das Positionieren und der Kranbetrieb, spielt sich hauptsächlich zwischen ± 150 bar und $\pm 0,25 Q_P/Q_{Pmax}$ ab, wie in Fig. 13 dargestellt (gerasterter Bereich). Zum Anfahren kann der Beschleunigungsdruck über den Steuerdruck feinfühlig aufgebaut werden. Durch die Volumenstromregelung der Pumpe kann die Drehgeschwindigkeit genau gesteuert werden, wodurch das Drehwerk genau und ruckfrei positioniert werden kann. Beim Feinsteuern ist das Bremsventil außer Funktion. Durch diese Charakteristik wird auch erreicht, daß über die Verstellgeschwindigkeit des Handsteueregebers die Beschleunigung (Beschleunigungsdruck) und Verzögerung (Bremsdruck) fein dosiert werden können, wie bei einer Drosselsteuerung. Beim Drehen mit konstanter Geschwindigkeit nach der Beschleunigungsphase ist der Arbeitsdruck nahezu konstant, entsprechend der Geraden e) (Fig. 13). In diesem Betriebszustand entspricht die Drehgeschwindigkeit einem bestimmten Steuerdruck und somit einer bestimmten Auslenkung des Handsteueregebers. Wenn der Lastdruck größer wird, muß der Handsteueregeber, damit die Drehgeschwindigkeit konstant bleibt, entsprechend weiter ausgesteuert werden. Wird der Lastdruck geringer, muß der Handsteueregeber zurückgenommen werden, ähnlich wie bei einer Drosselsteuerung.

Stehen und Anfahren am Hang

Wie erwähnt ist ein weiterer wichtiger Punkt beim Baggern des Stehen und Anfahren am Hang. Damit das Drehwerk eines Baggers am Hang ohne Bremse im Stillstand gehalten werden kann, muß auf einer Anschlußseite ein Haltedruck, der von der Neigung des Hanges abhängig ist, aufgebaut werden. In diesem Haltezustand ist die Pumpe nahezu in Nullstellung. Sie muß jedoch die interne Leckage von Pumpe und Motor decken.

Zum ruckfreien Anfahren am Hang nach oben und unten muß der Halte- und Anfahrdruck gut dosierbar erhöht und abgesenkt werden können. Dies wird durch die in Fig. 14 dargestellte Blockkurve erreicht. Diese Blockkurve beschreibt unter anderem das Anfahrverhalten des Antriebs bei belastetem Motor. Aus dieser Meßkurve ist ersichtlich, daß über den am Handsteueregeber aufgetragenen Steuerdruck der Hochdruck mit guter Auflösung gesteuert werden kann. Beim Anfahren am Hang nach oben muß durch Erhöhen des Steuerdruckes zunächst der Haltedruck überwunden werden, bevor sich das Drehwerk bewegt. Dieses Verhalten entspricht jedoch dem einer Drosselsteuerung. Beim Anfahren am Hang nach unten muß, je nach Steigung und gewünschter Geschwindigkeit, entweder der Haltedruck zunächst langsam abgebaut werden, oder es kann

gleich ein Beschleunigungsdruck hangabwärts aufgegeben werden.

Entscheidend für die gute Dosierbarkeit des Blockdrucks und der Feinsteuerung ist, daß der Steuerdruckbereich des Handsteuergebers auch den Steuerdruckbereich des Ansteuergerätes so abgestimmt ist, daß die Auflösung des Steuerdrucks am Handsteuergeber den Feinststeuerbereich des Ansteuergerätes optimal ausnutzt.

Fig. 15 bis 18 zeigen Meßresultate zum Leistungsbaggern. Wie bereits beschrieben, kann das Drehwerk auf drei verschiedene Arten gebremst werden. Beim Leistungsbaggern wird entweder durch das Loslassen des Handsteuergebers automatisch über das Bremsventil oder durch Kontern gebremst.

Fig. 13 zeigt einen Arbeitszyklus eines Baggers mit vollem Löffel, wie er beim Beladen eines LKW auftritt. Hier wurde das Bremsventil auf einen mittleren Bremsdruck von ca. 160 bar eingestellt. Mit dieser Einstellung kann mit einem voll beladenen Löffel entsprechend Fig. 15 voll beschleunigt und automatisch gebremst werden. Beim Beschleunigen und beim Bremsen treten bei dieser Einstellung keine Schläge im Zahnkranz auf und es fällt auch kein Schüttgut vom Löffel, da keine Druckspitzen auftreten.

Ein Drehzyklus rechts bzw. links läuft entsprechend Fig. 15 folgendermaßen ab: Durch volles Auslenken des Handsteuergebers wird das Drehwerk mit vollem Druck, hier 375 bar, beschleunigt. Dieser Beschleunigungsvorgang dauert ca. 3,2 sec. Am Ende des Beschleunigungsvorgangs hat das Drehwerk konstante maximale Drehgeschwindigkeit und der Druck fällt je nach Drehwiderstand auf einen Wert zwischen 60 und 100 bar ab. Wird dann in entsprechendem Abstand vor dem Ziel der Handsteuergeber losgelassen, bremst die Steuerung über das Bremsventil automatisch mit einem mittleren Bremsdruck von ca. 160 bar ab. Dieser Bremsvorgang dauert ca. 5,4 sec. Das Drehen in die andere Richtung läuft entsprechend ab.

Wie bereits erwähnt, kann der Bremsdruck stufenlos zwischen Freilauf und ca. 350 bar eingestellt werden. Wird das Bremsventil auf minimalen Bremsdruck eingestellt, läuft das Drehwerk nach dem Loslassen des Handsteuergebers entsprechend Fig. 16 mit einem Bremsdruck von ca. 50 bar über 17,5 sec aus.

Wird das Drehwerk, wie in Fig. 17 dargestellt, nach dem Beschleunigungsvorgang durch Kontern abgebremst und wieder beschleunigt, so ergibt sich beim Bremsen der an der Druckabschneidung eingestellte maximale Bremsdruck von hier 400 bar. Wie in Fig. 17 zu entnehmen ist, dauert der Beschleunigungsvorgang ca. 3,6 sec und der Bremsvorgang ca. 2,3 sec. Das Drehwerk kann so in relativ kurzer Zeit ohne Ansprechen der Sicherheitsventile verlustfrei abgebremst werden. Auch beim Kontern wird der Bremsvorgang trotz des hohen Bremsdruckes relativ weich ohne Schläge im Drehkranz eingeleitet, so daß möglichst wenig Schüttgut herunterfällt.

Fig. 18 zeigt einen Arbeitszyklus des Leistungsbaggers mit Leistungsbegrenzung, wie oben beschrieben. Der Bremsdruck am Bremsventil ist auf ca. 160 bar eingestellt. Wie oben beschrieben, wird über das Ansteuergerät die von der Pumpe aufgenommene Leistung begrenzt, was dazu führt, daß nicht mehr wie in Fig. 15 mit konstantem Druck beschleunigt wird. Diese Leistungsbegrenzung bzw. Druckabsenkung führt dazu, daß der Beschleunigungsvorgang von 3,2 sec um 2,8 sec auf 6 sec verlängert wird. Der Bremsvorgang, der über das

Bremsventil geregelt wird, bleibt von dieser Leistungsbegrenzung unbeeinflusst.

Meßergebnisse beim Feinsteuern

Zur Überprüfung der Feinsteuerung wurde eine Masse von 750 kg über ein 2m langes Seil am Baggerlöffel befestigt. Dieser Aufbau entspricht den Verhältnissen bei Rohrverlegearbeiten. Fig. 19 zeigt, daß beim Anfahren über den Steuerdruck der Hochdruck dosiert und ohne Druckspitze aufgebaut werden kann. Ebenso kann am Ende des Positioniervorgangs mit niedrigem Bremsdruck ohne Druckspitze angehalten werden. Dieses Anfahren und Bremsen ohne Druckspitze bewirkt, daß die Pendelmasse weich beschleunigt und gebremst werden kann, so daß die Masse beim Positioniervorgang nicht pendelt.

Drehen mit konstanter Geschwindigkeit

Fig. 20 zeigt, daß wie oben beschrieben, nach der Beschleunigungsphase der Arbeitsdruck nahezu konstant ist. Somit ist, entsprechend dem p-Q-Diagramm in Fig. 13, einem bestimmten Steuerdruck ein Volumenstrom und eine bestimmte Drehwerksdrehzahl zugeordnet. Aus Fig. 20 ist ersichtlich, daß sich bei stufenweiser Erhöhung des Steuerdruckes p_T nach einer Beschleunigungsphase ein stabiler Hochdruck und eine stabile Drehzahl einstellen. Dadurch kann das Drehwerk über den Handsteuergeber sehr direkt geführt werden.

Stehen und Anfahren am Hang

Fig. 21 zeigt das Verhalten des Drehwerks an einem Hang mit 30 Prozent Steigung, wobei der Löffel mit einer Masse von 1,8 t beladen, und der Ausleger voll ausgestreckt ist. Wird das Drehwerk waagrecht zum Hang gestellt, so baut sich gemäß Fig. 21 ein Haltedruck von ca. 230 bar auf. Dieser Haltedruck wird aufgebaut, weil die Steuerung die Pumpe bei Steuerdruck null in Nullstellung hält. Da in Pumpennullstellung die interne Leckage von Pumpe und Motor nicht ausgeglichen wird, driftet das Drehwerk mit sehr niedriger Drehzahl hangabwärts wie aus Fig. 21 ersichtlich ist. Soll das Drehwerk in waagerechter Stellung in Stillstand gehalten werden, dann muß die Pumpe die interne Leckage von Pumpe und Motor ausgleichen. Dazu muß über den Handsteuergeber ein Steuerdruck, entsprechend der Blockkurve in Fig. 14, aufgegeben werden, der dem Haltedruck für Stillstand entspricht.

Das Halten im Stillstand ist jedoch auch über eine mechanische Haltebremse möglich. Zum Anfahren am Hang nach oben muß einfach zusätzlich zum Haltedruck der Beschleunigungsdruck aufgebracht werden, damit das Drehwerk nach oben beschleunigt. Dieser Beschleunigungsvorgang ist aufgrund der Blockkurve gut dosierbar, da entsprechend der Handsteuergeiberauslenkung der Steuerdruck und somit der Beschleunigungsdruck kontinuierlich steigt.

Fig. 22 zeigt den Anfahrvorgang am Hang aus der Haltebremse hangabwärts. Hier wird zunächst das Drehwerk über die Haltebremse im Stillstand gehalten. Beim Lösen der Haltebremse wird über den Handsteuergeber gleichzeitig der Haltedruck aufgebaut. Dann wird über den Handsteuergeber der Steuerdruck auf null zurückgenommen, wodurch sich das Drehwerk über die Drift hangabwärts bewegt. Dann wird über den Handsteuergeber ein Steuerdruck in die andere Rich-

tung aufgegeben, wodurch das Drehwerk zusätzlich hangabwärts beschleunigt wird.

Bei der neuen Drehwerksteuerung handelt es sich um einen hydrostatischen Antrieb im geschlossenen Kreis mit einer Verstellpumpe und einem Konstantmotor. Die Steuerung ist in Form eines Ansteuergerätes auf die Pumpe aufgebaut und wird von einem Handsteuergeber hydraulisch angesteuert. Die Steuerung enthält hydro-mechanische Druck-, Volumenstrom- und Leistungsregler zur Darstellung der geforderten Funktionen.

Die neue Drehwerksteuerung vereinigt die Vorteile der Drosselsteuerung bei der Feinsteuerung und dem Handling beim Drehen mit konstanter Drehgeschwindigkeit mit den Vorteilen der Momentsteuerung bei der Energieausnutzung und dem Leistungsbaggern.

Neu gegenüber den bisherigen Steuerungen ist, daß gegenüber der Drosselsteuerung keine Energie und Druckverluste durch Drosselung auftreten, wodurch die zu installierende Antriebs- und Kühlleistung geringer wird und die Umschlagsleistung des Drehwerks größer wird.

Gegenüber der bisherigen Momentsteuerung ist eine wesentlich bessere Steuerung der Lage und der Geschwindigkeit des Drehwerks im Kranbetrieb möglich, da die Drehgeschwindigkeit und nicht das Drehmoment über die Auslenkung des Handsteuergebers vorgegeben wird. Die Steuerung des Drehwerks beim Stehen und Anfahren am Hang ist wesentlich einfacher, da bei Handsteuergeber-Nullstellung die Pumpe in Nullstellung steht, und das Drehwerk nur durch die innere Leckage von Pumpe und Motor driftet. Es sind Bremsdrücke beim Leistungsbaggern zwischen Freilauf und 400 bar möglich.

Gegenüber beiden Steuerungen kann die vom Drehwerk aufgenommene Leistung mechanisch, hydraulisch oder elektrisch stufenlos begrenzt werden.

Patentansprüche

1. Hydraulische Steuerung, insbesondere für einen Bagger mit mehreren hydraulischen Verbrauchern, wie beispielsweise Fahrwerk (19), Drehwerk (18), Ausleger (12), Stiel (13) und Löffel (14), dadurch gekennzeichnet, daß neben einer Arbeitspumpe (300) im offenen Kreis für Fahr- und Baggerbetrieb eine davon unabhängige Drehwerkspumpe (400) im geschlossenen Kreis für den Drehwerksantrieb vorgesehen ist.
2. Hydraulische Steuerung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Arbeitspumpe (300) eine Load-Sensing- oder LS-Pumpe ist, und zwar insbesondere eine Axialkolbenpumpe in Schrägscheibenbauart.
3. Hydraulische Steuerung gemäß einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehwerkspumpe (400) eine Axialkolben-Regelpumpe in Schrägscheibenbauart ist.
4. Hydraulische Steuerung gemäß einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zum Antrieb der Arbeitspumpe (300) und der Drehwerkspumpe (400) ein Dieselmotor (1) verwendet wird.
5. Hydraulische Steuerung gemäß einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur optimalen Ausnutzung der Dieselmotorleistung durch beide Pumpensysteme (Arbeits- und Drehwerkspumpe) über den gesamten Drehzahlbereich eine elektronische Grenzlastregelung vorgesehen

ist.

6. Hydraulische Steuerung gemäß einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Ventilsteuerungssystem (50) vorgesehen ist zur lastunabhängigen Steuerung mit gleichzeitiger lastunabhängiger Mengenverteilung.

7. Hydraulische Steuerung gemäß einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei Erreichen des maximalen Betriebsdruckes die Arbeitspumpe (300) bzw. die Drehwerkspumpe (400) zurückgestellt wird, d. h. die Schrägscheibe wird zurückgeschwenkt, wodurch Verlustleistung verhindert wird, und zwar bei gleichzeitigem Halten des Druckes (Druckabschneidung).

8. Hydraulische Steuerung gemäß einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Bedarfsstromregelung vorgesehen ist, bei der ohne eine eingesteuerte Arbeitsbewegung, d. h. ohne Betätigung von Bedieneinrichtungen (60), die jeweilige Hydraulikpumpe (300, 400) auf annähernd Nullförderung zurückgestellt wird.

9. Hydraulische Steuerung gemäß einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine lastunabhängige Steuerung vorgesehen ist, bei der der vorzunehmende Betätigungsweg an den Bedieneinrichtungen (60) auch bei unterschiedlichen Lastdrücken gleich bleibt.

10. Hydraulische Steuerung gemäß einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine lastunabhängige Mengenverteilung vorgesehen ist, wodurch die Geschwindigkeitsproportionen bei mehreren gleichzeitigen Bewegungen unabhängig vom Lastdruck beibehalten werden.

11. Hydraulische Steuerung gemäß einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehwerkspumpe (400) zusammen mit der dazugehörigen Steuerung (4) ein einstellbares, konstantes Bremsmoment beim Auslauf aus Oberwagenbewegung, sowie ein maximales Haltemoment aus dem Betriebsdruck im Stillstand liefert.

12. Hydraulische Steuerung gemäß Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das konstante Bremsmoment mittels eines Bremsventils (412) zur Steuerung der Drehwerkspumpe (400) erreicht ist und an dem Bremsventil (412) eingestellt werden kann.

13. Hydraulische Steuerung gemäß einem der Ansprüche 11 und 12, dadurch gekennzeichnet, daß ein Drehwerksmotor (18a) vorgesehen ist, der sich bei Stillstand bis zum maximalen Betriebsdruck hydraulisch an der Drehwerkspumpe abstützen kann.

14. Hydraulische Steuerung gemäß einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der erforderliche Steuerdruck bzw. das Steuerströmungsmittel für die Vorsteuereinheit (60) von einer getrennten Bremspumpe (37) geliefert und über einen Stromteiler (250) abgezweigt wird.

15. Hydraulische Steuerung, insbesondere für einen Bagger mit einem Drehwerk, wobei neben einer Arbeitspumpe (300) für Fahr- und Baggerbetrieb eine davon unabhängige Drehwerkspumpe (400) für den Drehwerksantrieb vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, daß die hydraulische Steuerung derart ausgebildet ist, daß die Drehwerkspumpe (400) ein einstellbares, konstantes Bremsmoment beim Auslauf aus Oberwagenbewegung, sowie ein maximales Haltemoment aus dem Betriebsdruck im Stillstand liefert.

16. Hydraulische Steuerung gemäß Anspruch 15,

dadurch gekennzeichnet, daß das konstante Bremsmoment mittels eines Bremsventils (412) zur Steuerung der Drehwerkspumpe (400) erreicht ist und an dem Bremsventil (412) eingestellt werden kann.

17. Hydraulische Steuerung gemäß einem der Ansprüche 15 und 16, dadurch gekennzeichnet, daß ein Drehwerksmotor (18a) vorgesehen ist, der sich bei Stillstand bis zum maximalen Betriebsdruck hydraulisch an der Drehwerkspumpe abstützen kann.

18. Hydraulisches System in geschlossenem Kreis mit einer veränderbaren Verdrängung besitzenden hydraulischen Pumpe, die geeignet ist einen Systemdruck vorzusehen und die strömungsmäßig mit einem hydraulischen Motor in Verbindung steht, der geeignet ist mit einer Last verbunden zu werden und Pumpensteuermitteln zur Steuerung der Verdrängung der Pumpe und ferner mit Bremssteuermitteln, die in Verbindung mit den Pumpensteuermitteln arbeiten können, um eine Bremskraft für den Motor vorzusehen zur Steuerung der Verzögerungsrate oder -geschwindigkeit.

19. Hydraulisches System nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Bremssteuermittel auf den Druck ansprechen, der durch den Motor während der Verzögerung in dem geschlossenen Kreis erzeugt wird.

20. Hydraulisches System nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpensteuermittel Strömungssteuermittel (414) aufweisen um die Verdrängung der Pumpe zu steuern, und wobei die Bremssteuermittel Bypass-Steuermittel (412) und auf Druck ansprechende Mittel (416, 418) aufweisen, die beide betriebsmäßig mit den Strömungssteuermitteln assoziiert sind um die Änderungsrate oder Änderungsgeschwindigkeit der Pumpenverdrängung zu steuern.

21. Hydraulisches System nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Bypass-Steuermittel die Auslaßströmung von den Strömungssteuermitteln (414) infolge des Systemdrucks steuern.

22. Hydraulisches System nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Bypass-Steuermittel durch ein externes Signal einstellbar sind, welches entgegengesetzt zum Systemdruck arbeitet.

Hierzu 14 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65

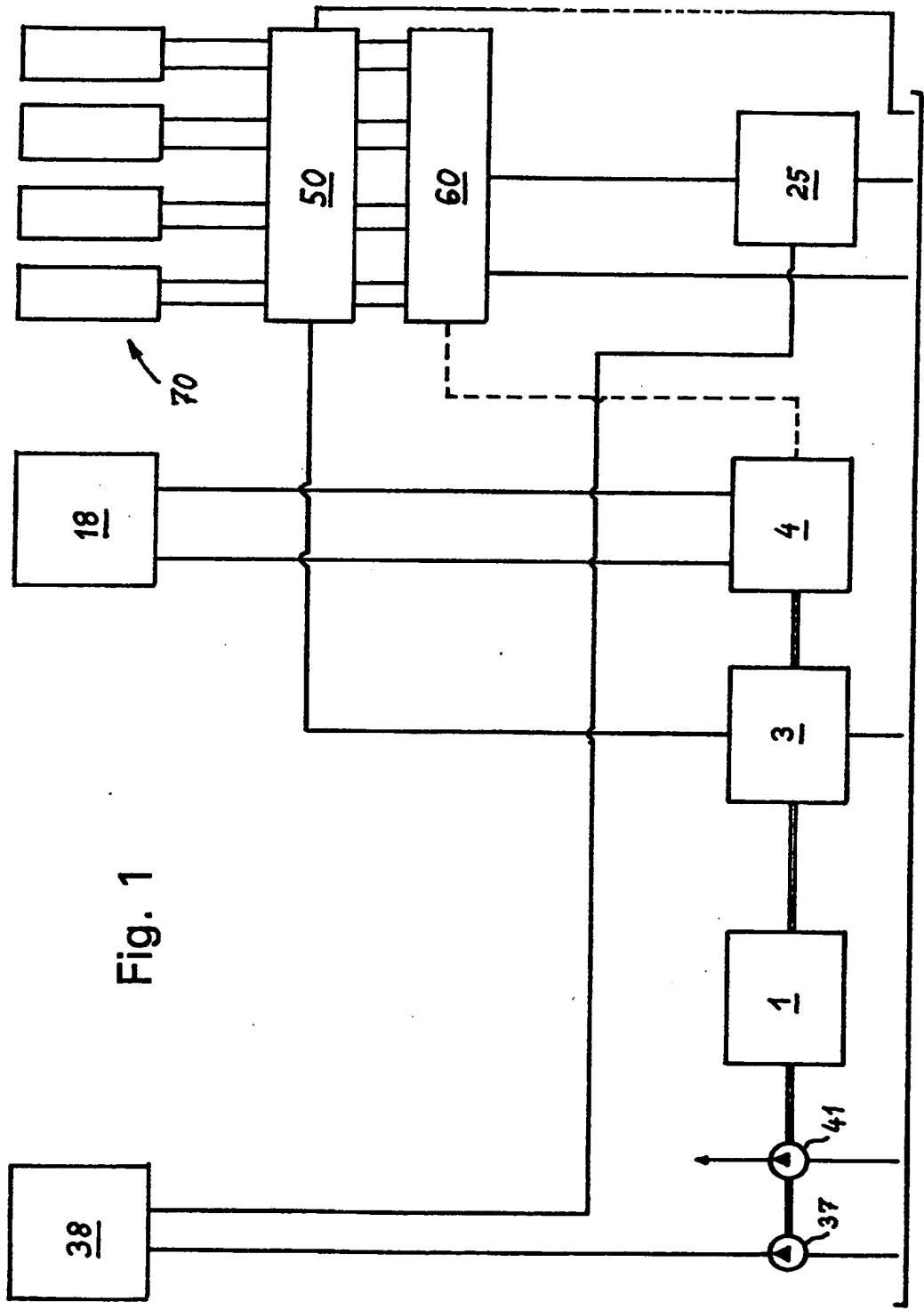


Fig. 1

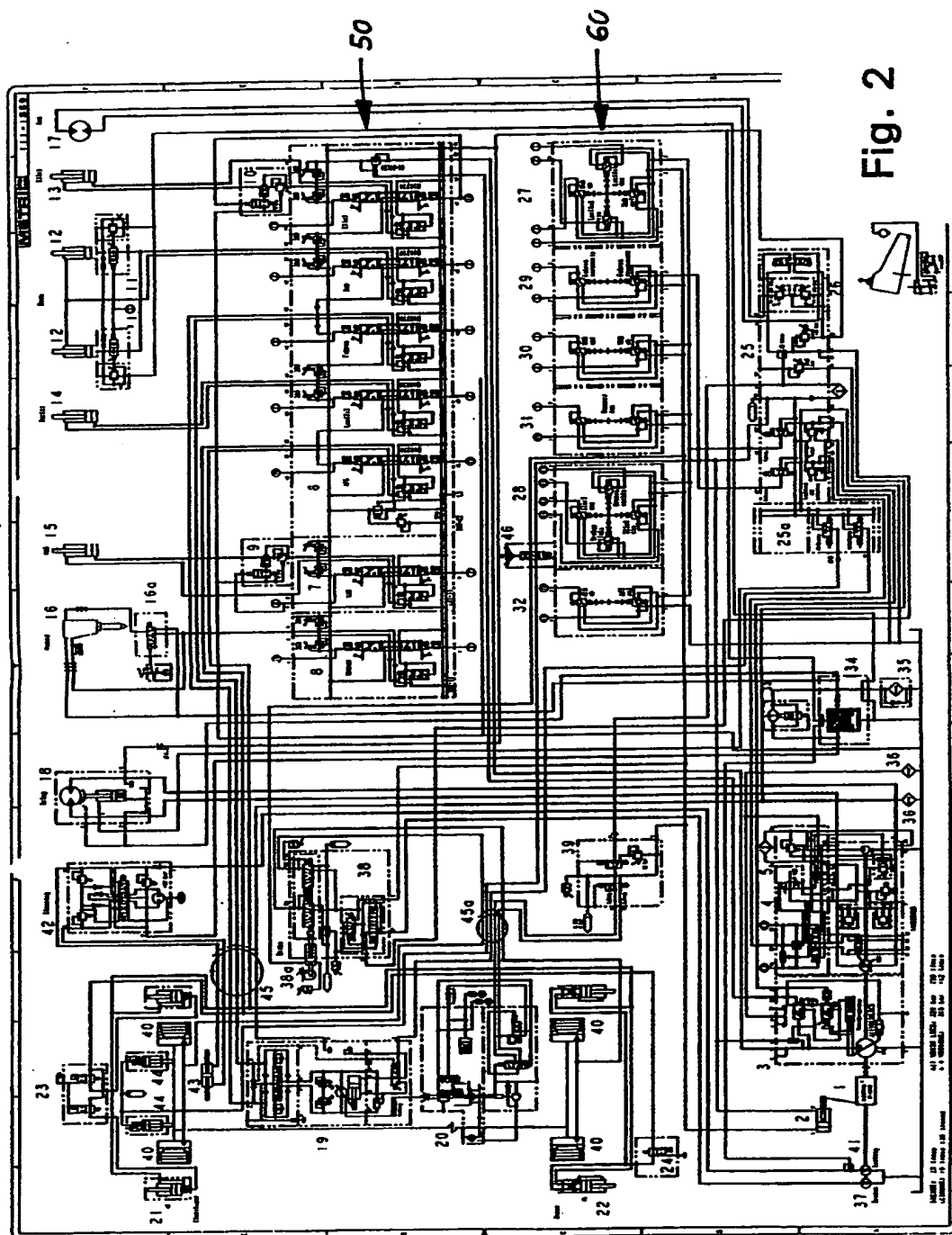


Fig. 2

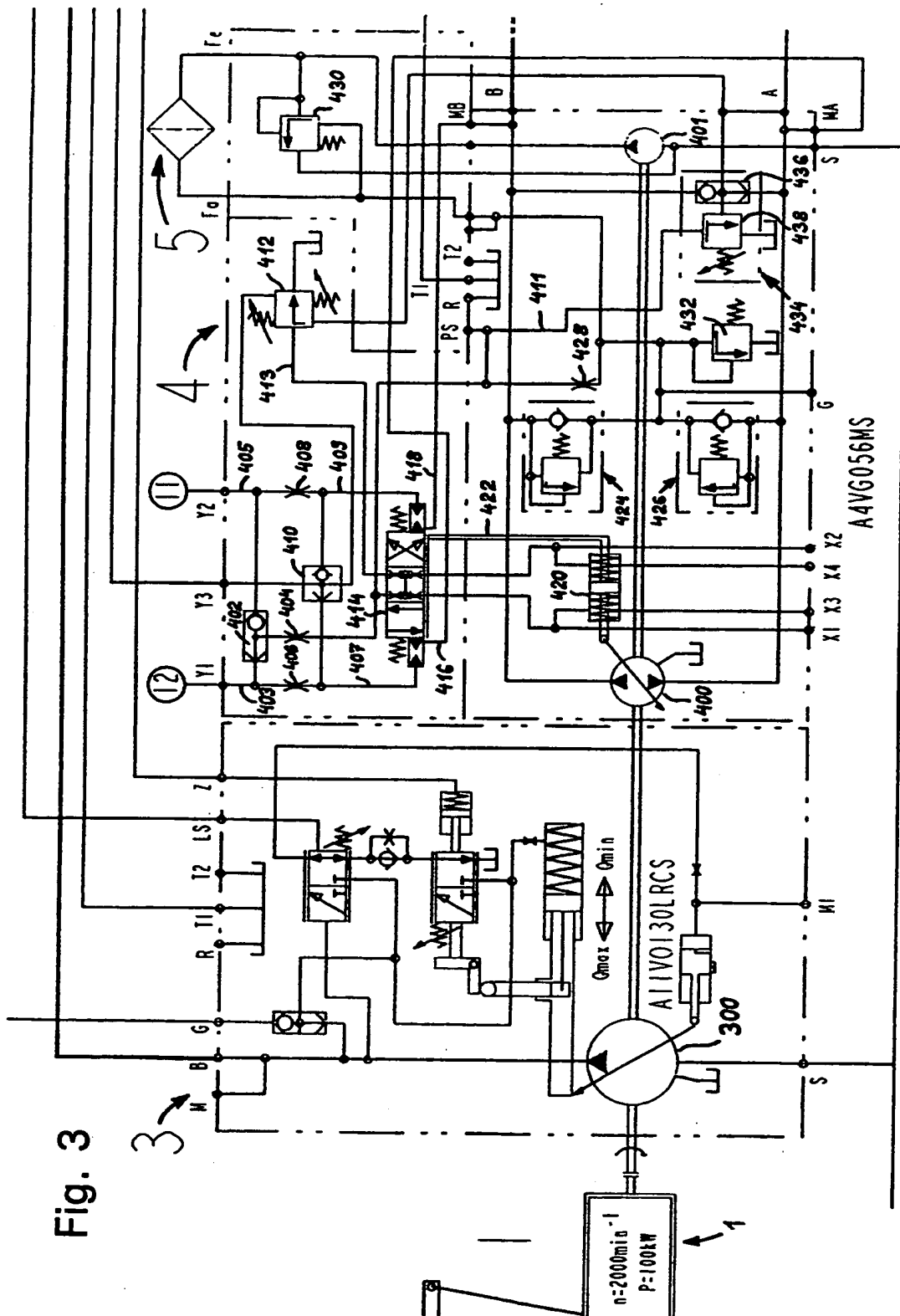


Fig. 3

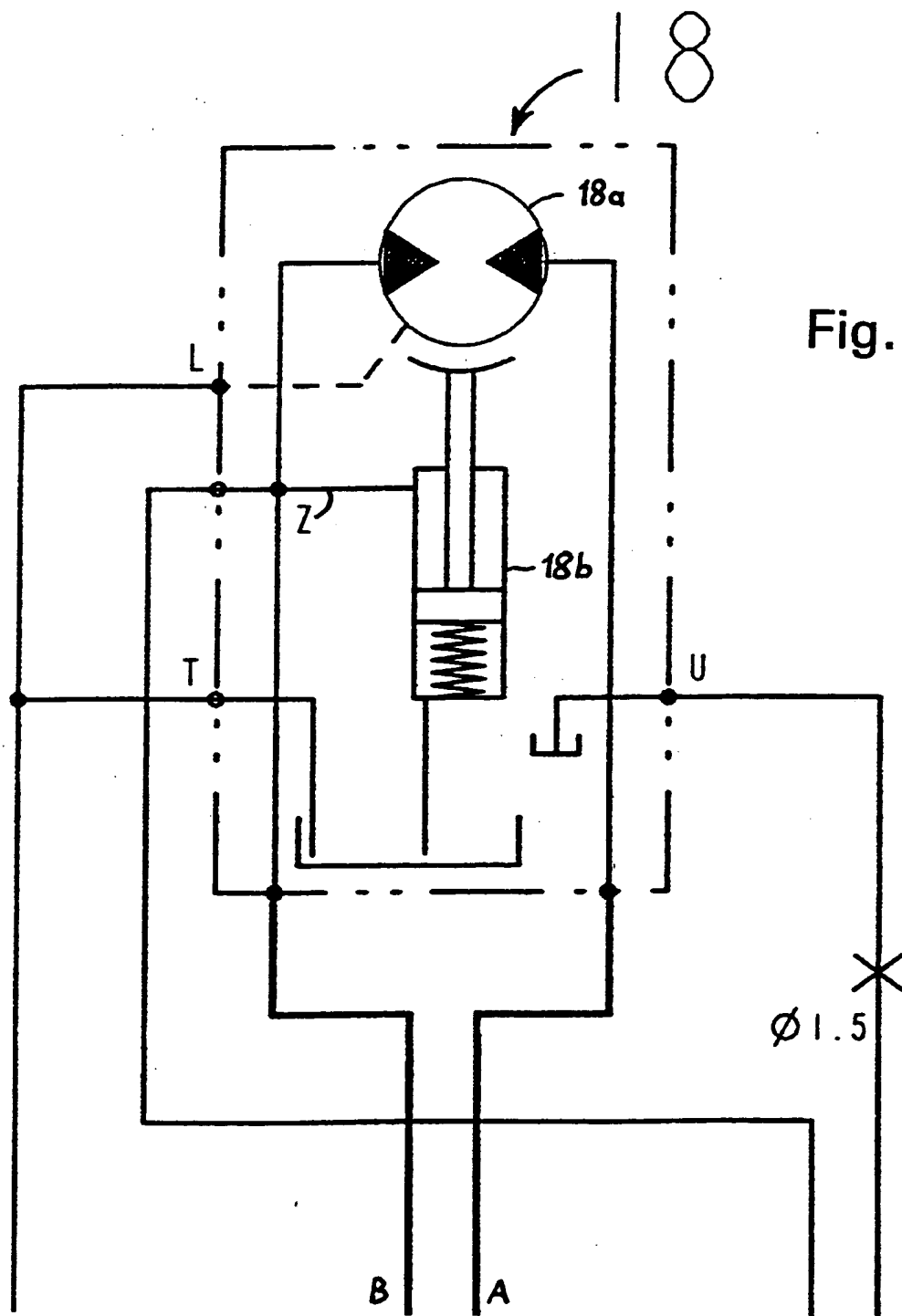


Fig. 4

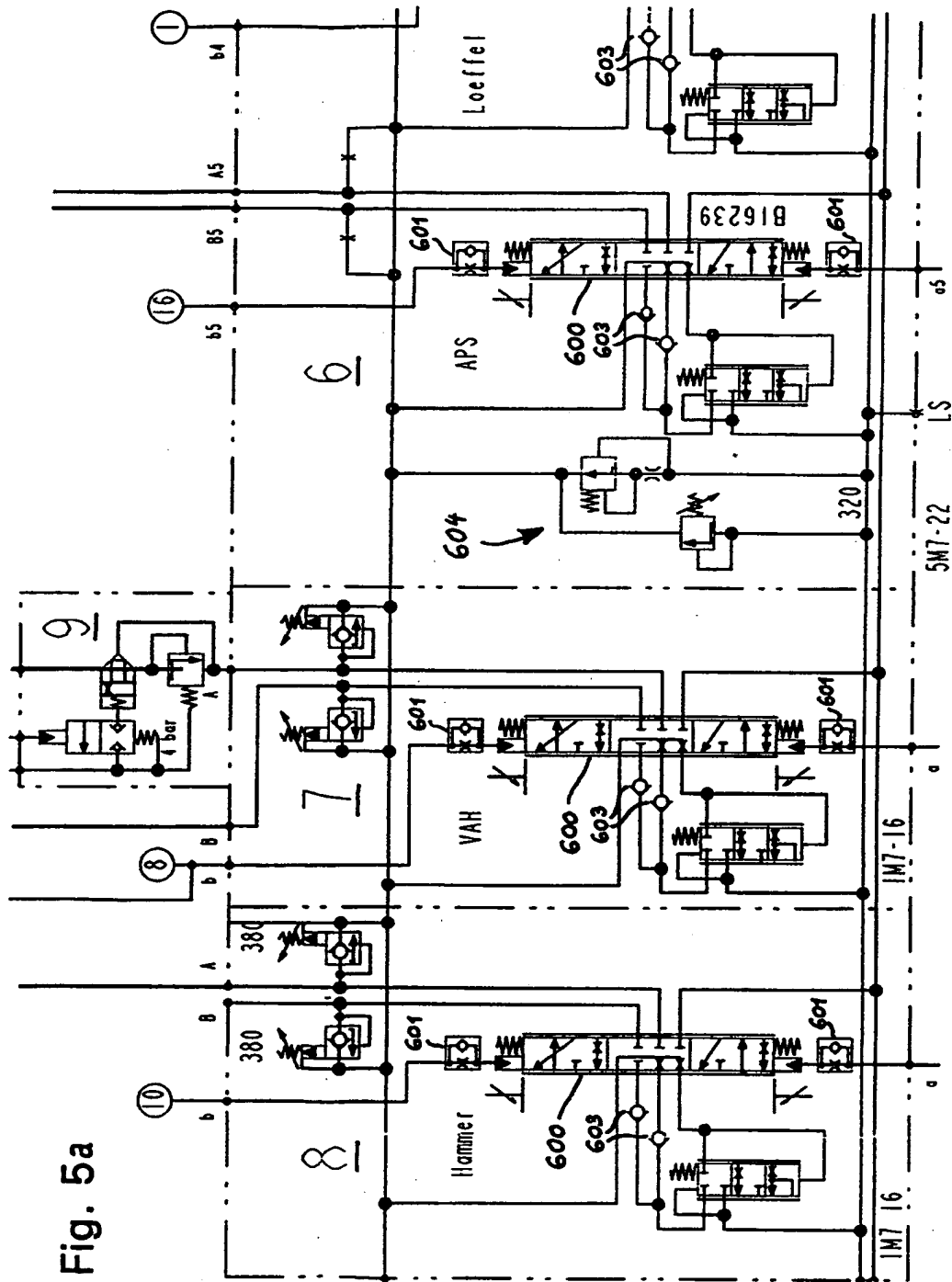


Fig. 5a

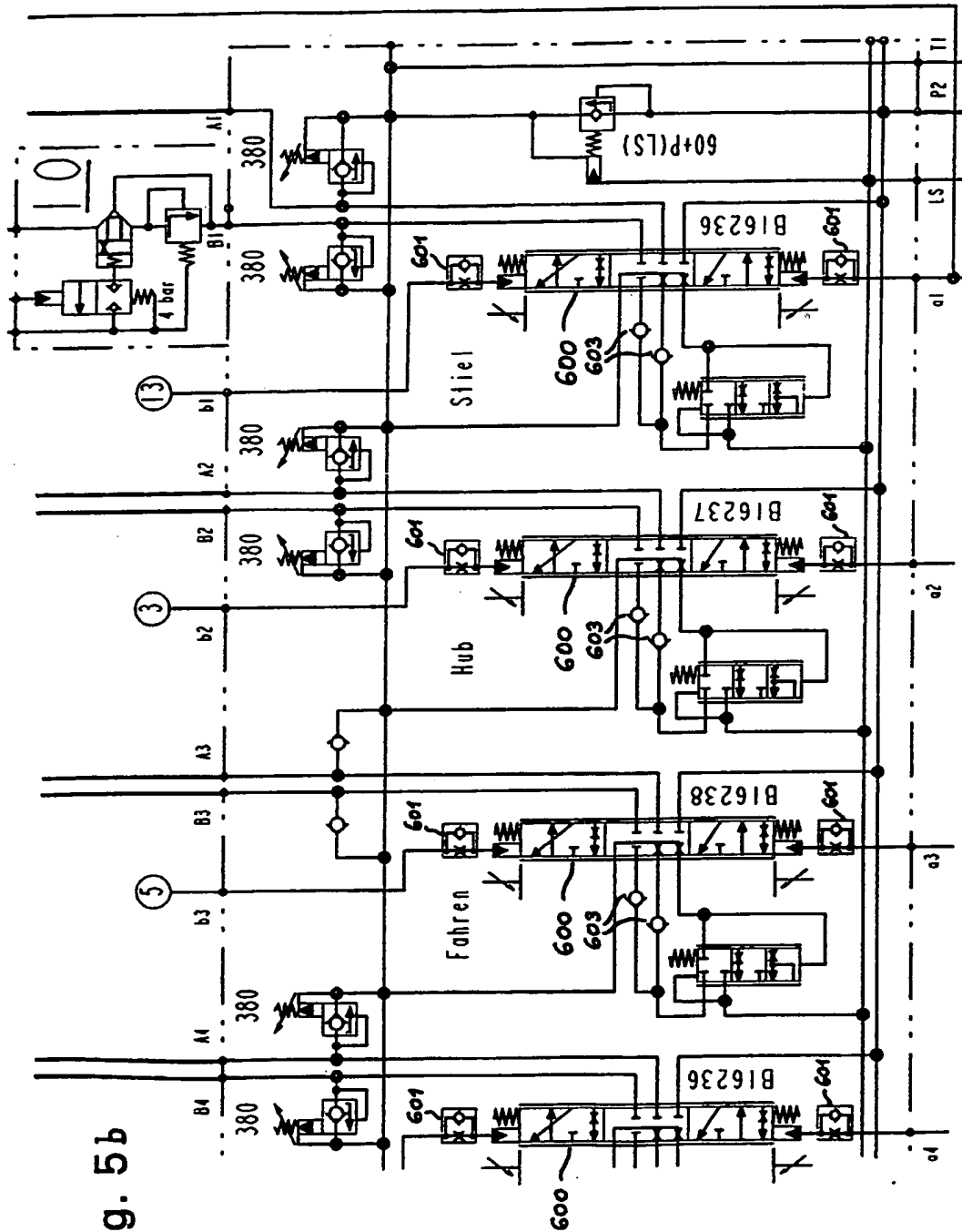


Fig. 5b

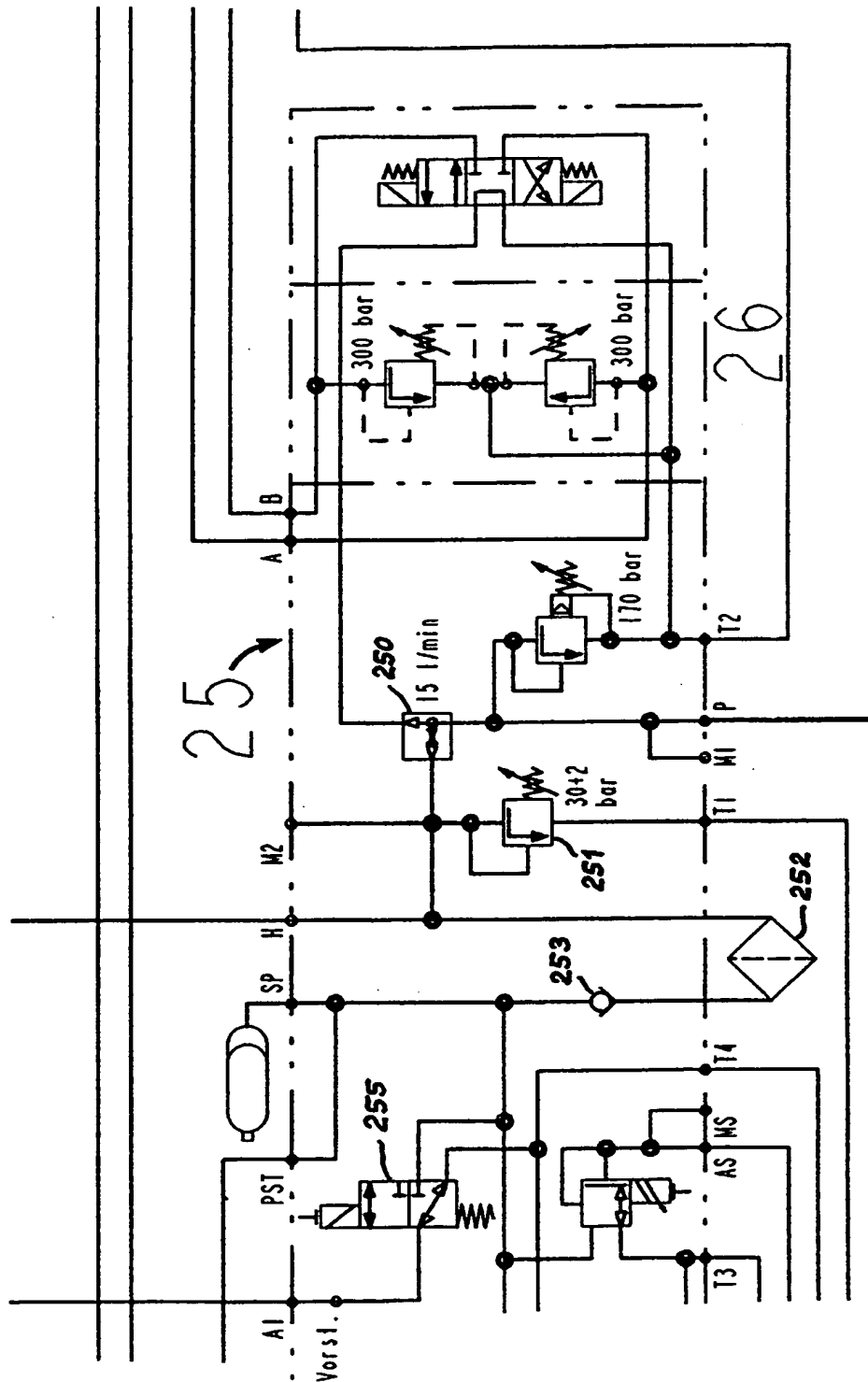
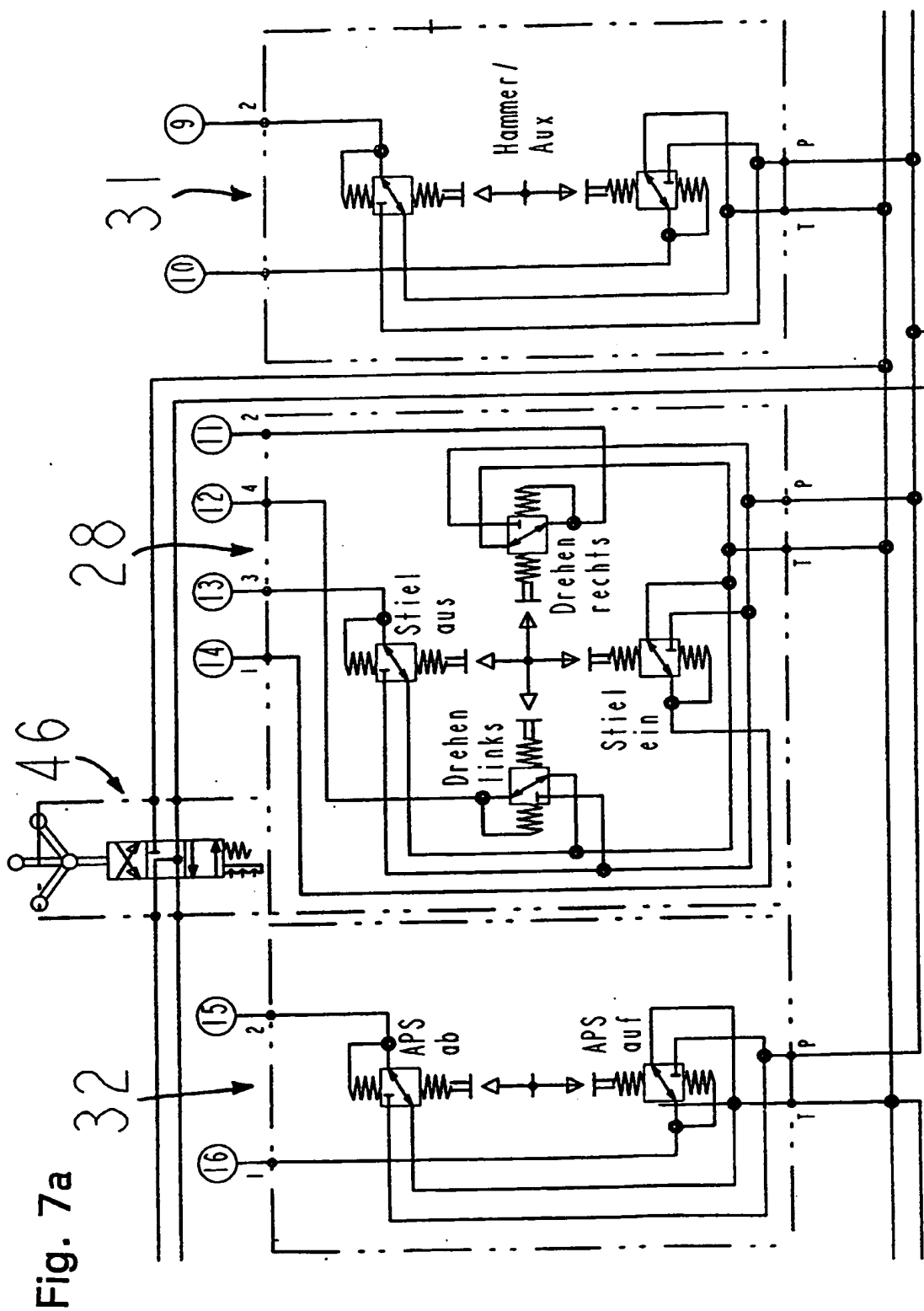
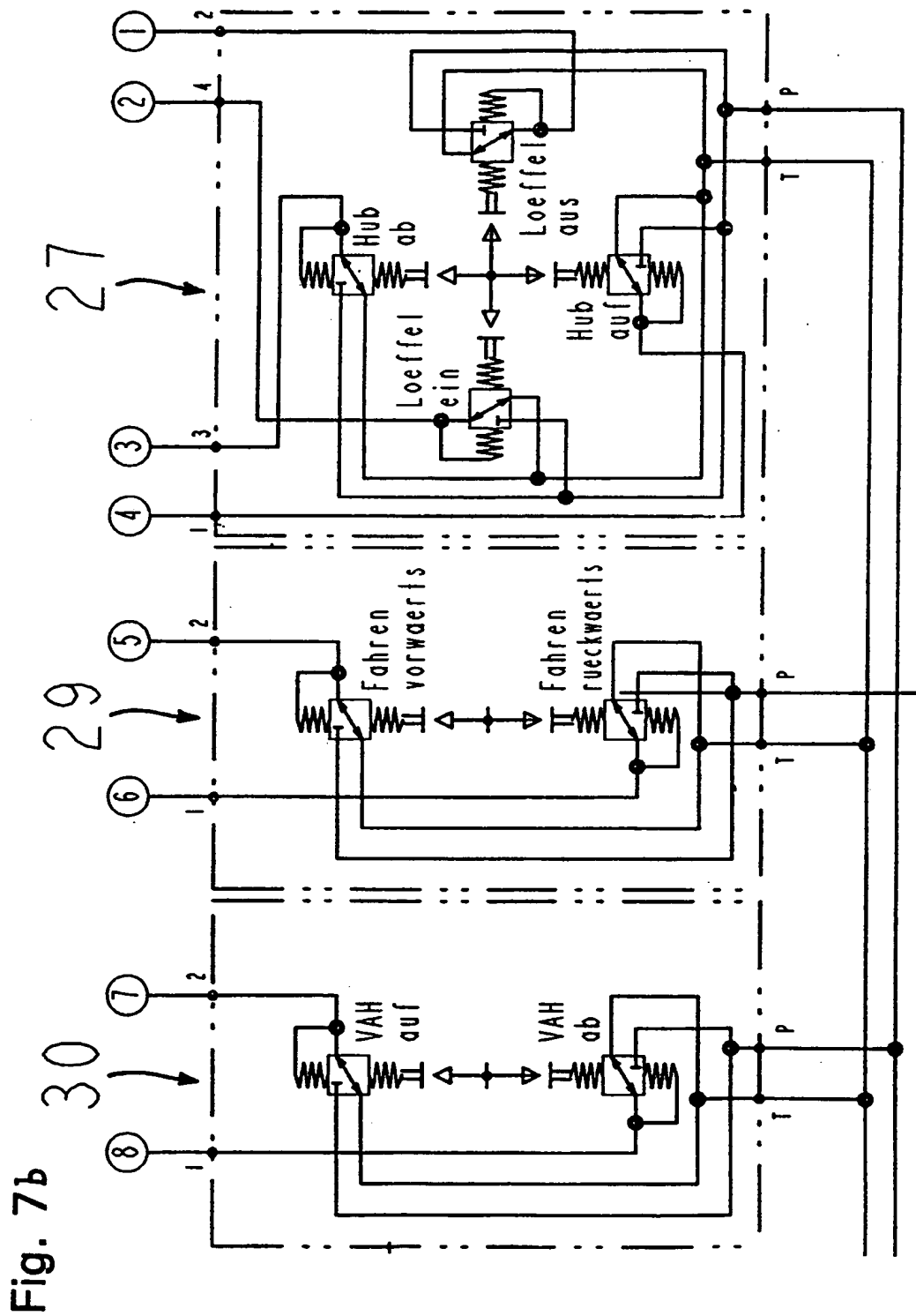


Fig. 6





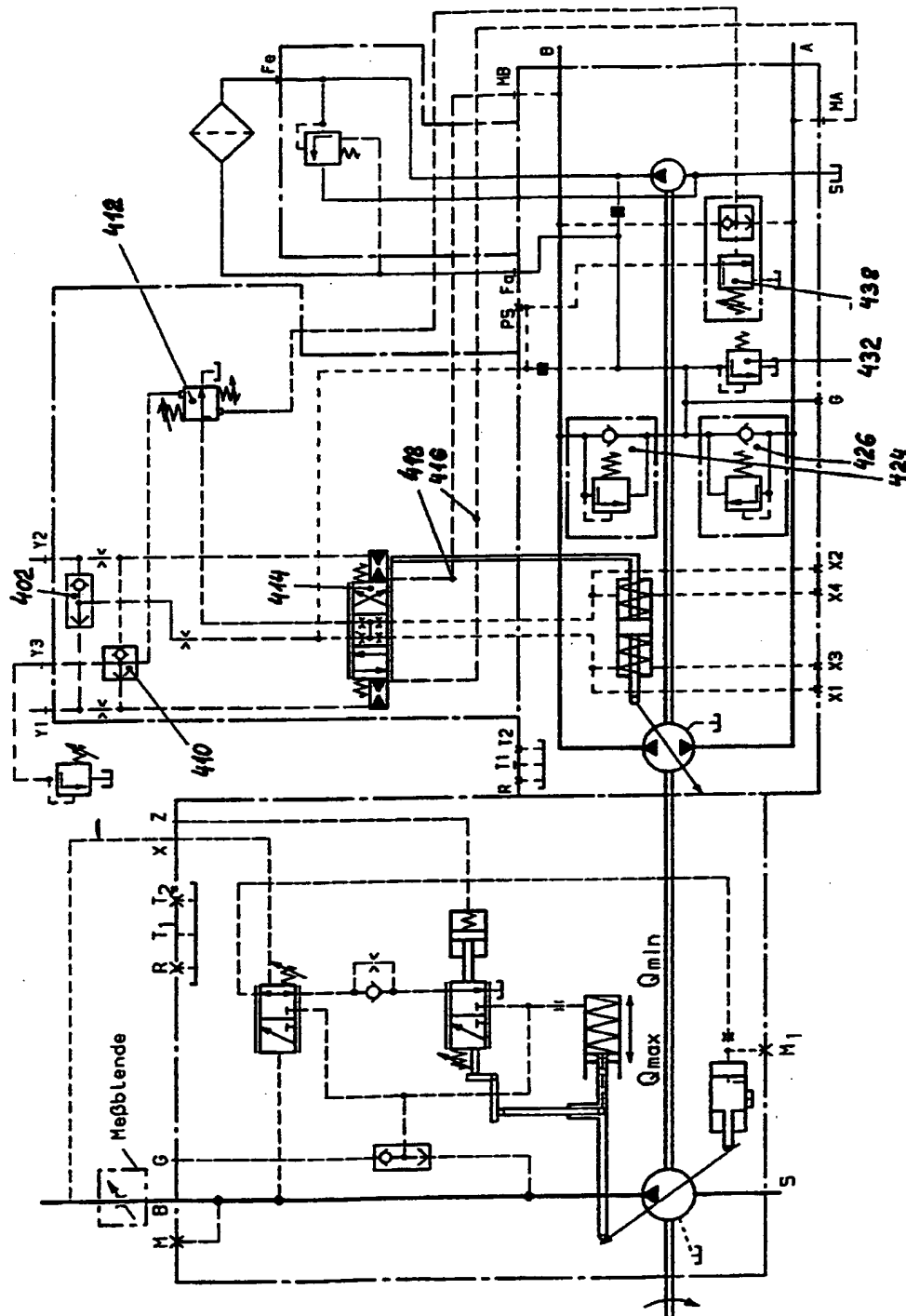


Fig. 8

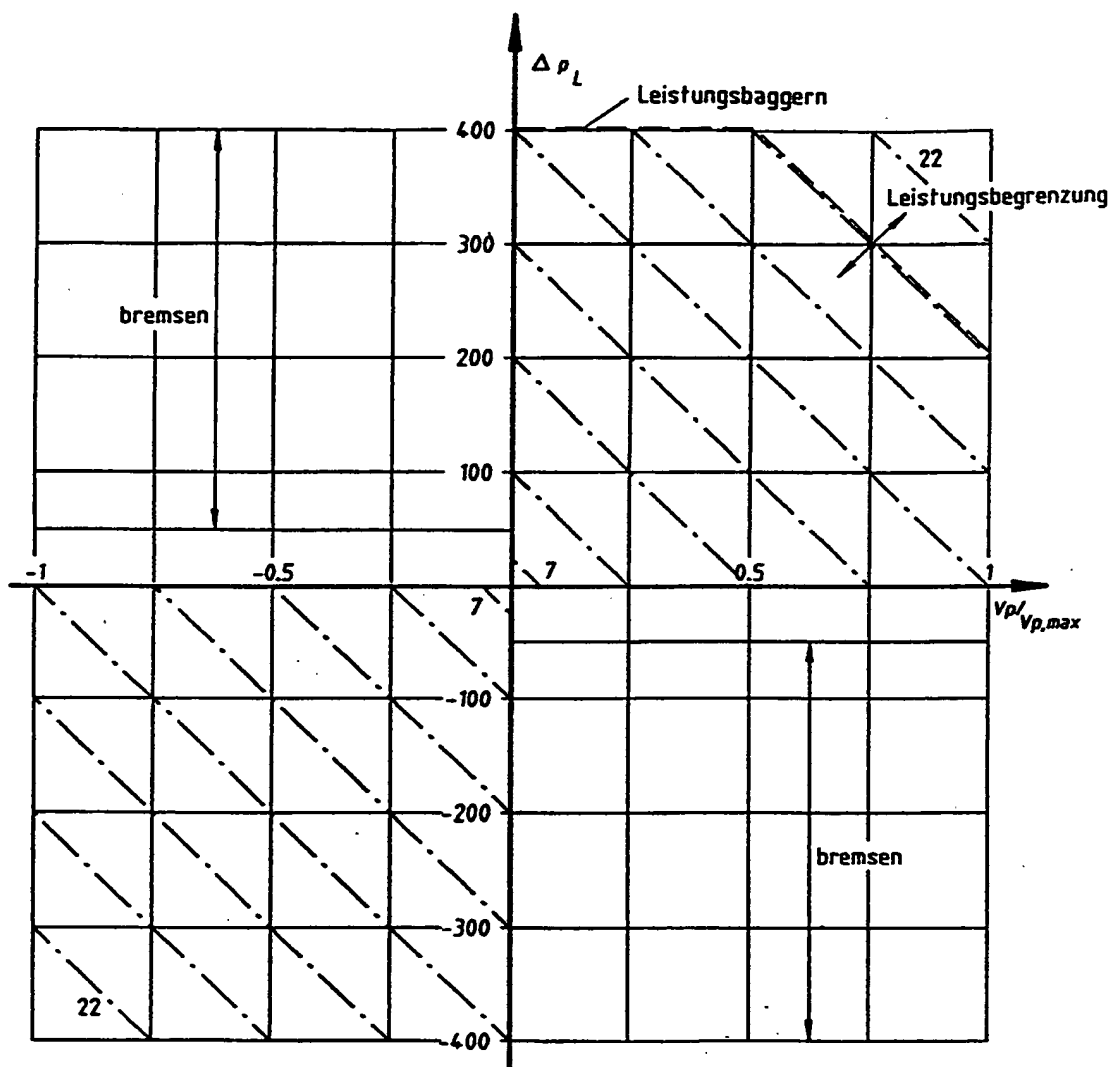
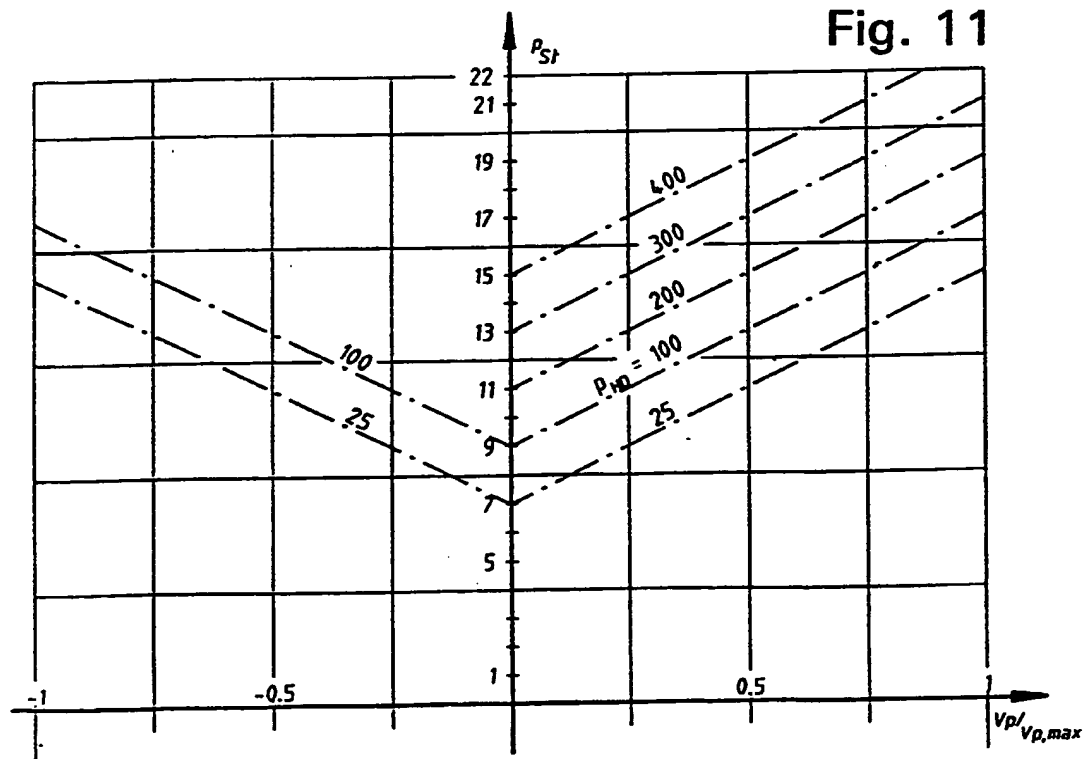
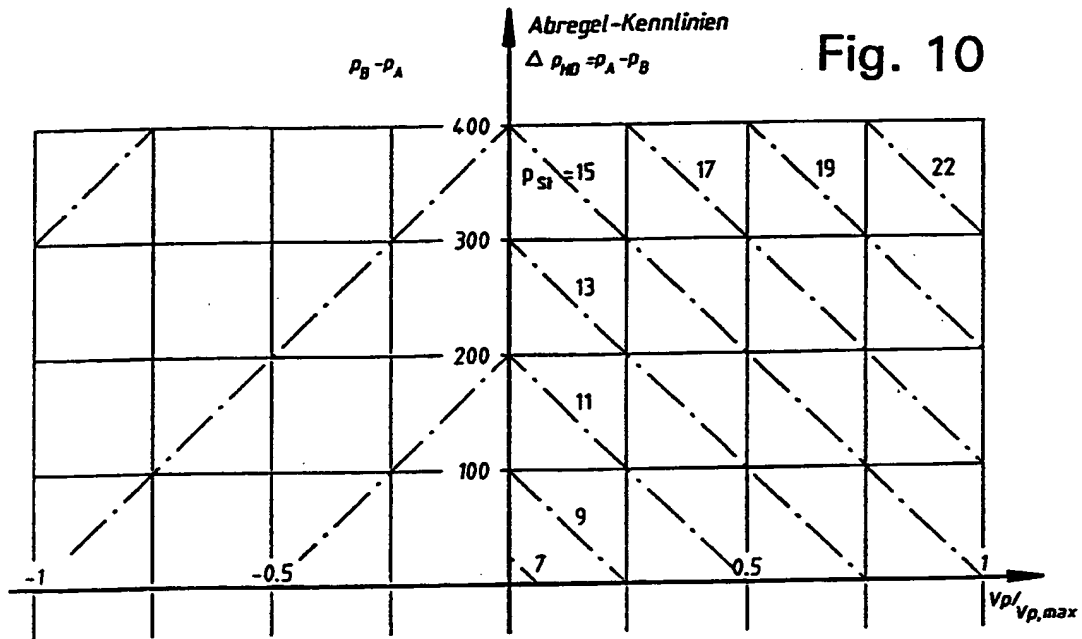


Fig. 9



Drehwerksteuerung

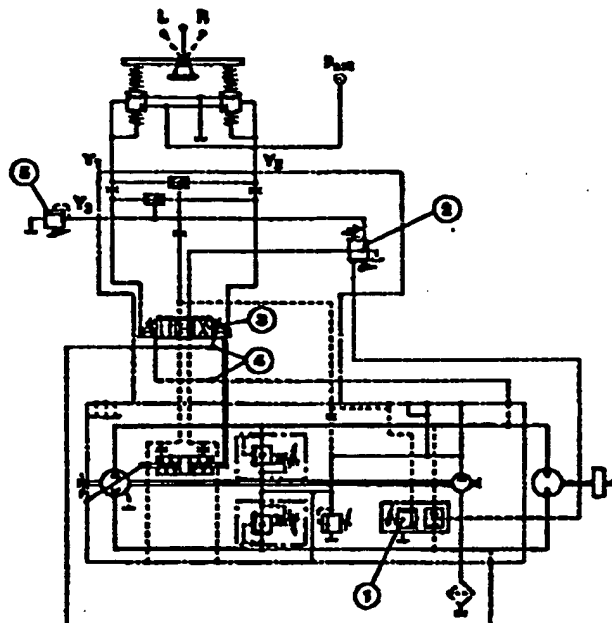


Fig. 12

Hydraulikschaltplan für die neue Drehwerksteuerung DW

Kennfeld im p-Q-Diagramm

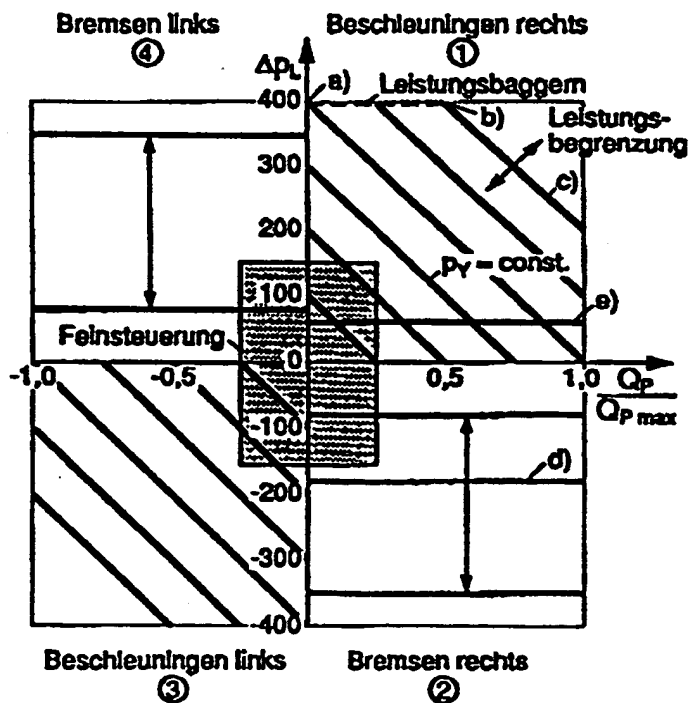


Fig. 13

Kennfeld der DW-Steuerung im p-Q-Diagramm

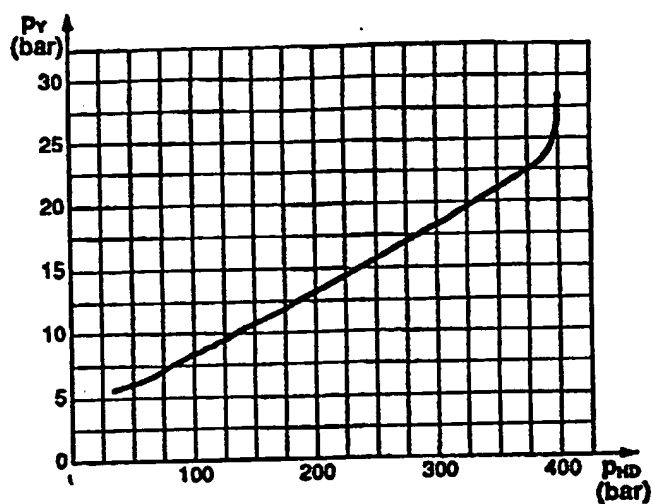
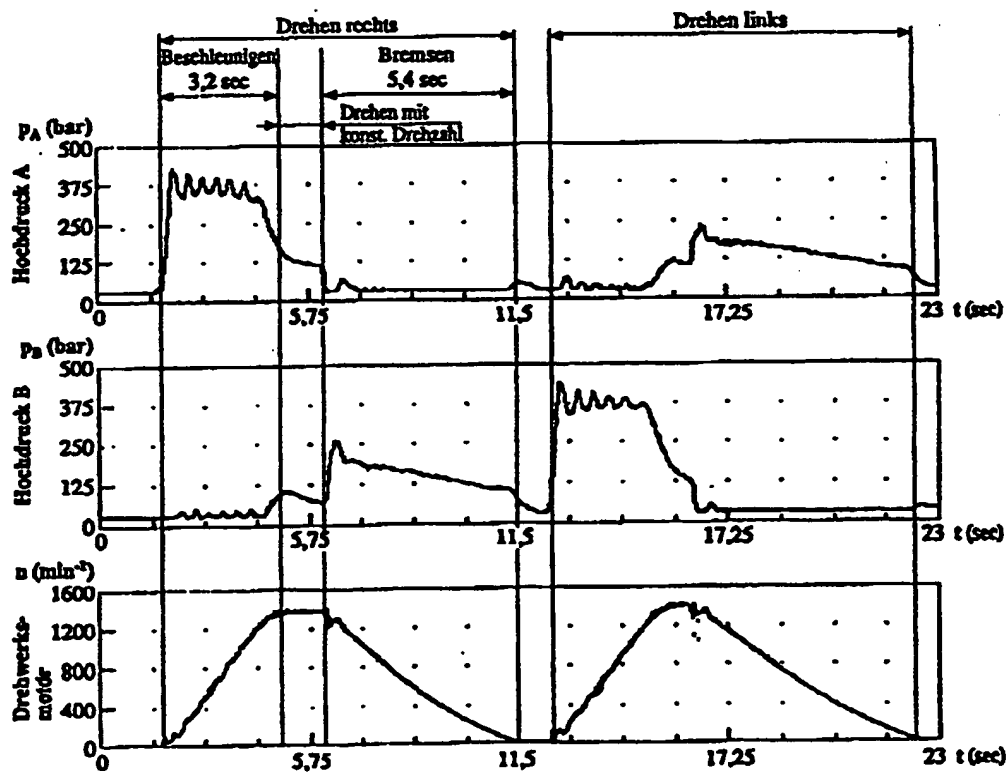


Fig. 14

Blockkurve der Pumpensteuerung



Meßergebnisse beim Leistungsbaggen mit mittlerem Bremsdruck

Fig. 15